

I S S N 0386—5878

土木研究所資料 第2300号

土木研究所資料

活性汚泥変法による窒素除去に関する調査報告書

昭和61年2月

建設省土木研究所
三次処理研究室

Copyright © (1986) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor Translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

活性汚泥変法による窒素除去に関する調査報告書

三次処理研究室 研究員 酒 井 憲 司

要 旨

本報告書は活性汚泥法の運転方式の一部変更による窒素除去率の向上の可能性についてパイロットプラントを用いて行った実験の結果をまとめたものである。実験した5つの運転方式でいずれも60%前後の窒素除去率を得ることができ、その際除去される窒素の量は流入水のBOD量から推定できることが分かった。窒素の除去が芳しくない時の原因としては硝化の支障が最も多かった。処理が順調な時の活性汚泥の硝化速度は水温と深い関係がみられたが、脱窒速度では水温との関係はほとんどみられなかった。運転方式により脱窒速度に差があった。リン除去を目的として添加した凝集剤（Al塩）は脱窒にはあまり影響を及ぼさなかったが、硝化には悪影響がみられた。処理水にはSSが高濃度で残留することが多かったが、後段に設けた急速濾過により効果的に除去することができた。

キーワード： 活性汚泥変法, 硝化, 窒素除去, 凝集剤, 急速濾過

目 次

1. はじめに	1
2. 調査の概要	1
2.1. 調査の目的	1
2.2. 調査方法	1
2.3. 実験条件	3
3. 結果と考察	8
3.1. 生物処理	8
A. 実験の経緯	8
B. 流入水の性状	9
C. 処理状況	10
D. 窒素の処理パターン	11
E. 硝化に関する考察	20
F. 脱窒に関する考察	25
G. 処理水BODに関する考察	28
H. 汚泥発生量	28
I. その他の特徴	30
3.2. 急速濾過	32
3.3. 汚泥濃縮	33
4. ま と め	34

1. は じ め に

下水処理水に残留する窒素化合物は閉鎖性水域での富栄養化現象の原因物質となる可能性を有している。また窒素化合物のうちアンモニア性窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) は放流先の水域での溶存酸素の消費、魚類に対する毒性、下流の浄水場における塩素消費量の増加等の問題点を有している。下水処理水を農業用水等へ利用する際には窒素の濃度や形態の制御が必要となる。

こうした背景から下水中の窒素を効率的に除去する手法の開発が緊急の課題となっている。窒素除去の技術は大別して物理化学的手法と生物化学的手法に分けられる。本報告書は後者に分類される活性汚泥法を取り上げ、運転方式の一部変更による窒素除去率の向上の可能性について、パイロットプラントを用いて行なった実験の結果を基にまとめたものである。

2. 調 査 の 概 要

2.1. 調査の目的

本調査は硝化脱窒用の薬剤（例えばカセイソーダ、メタノール）を添加しないという条件で活性汚泥法の処理施設でどこまで窒素除去率を向上させることができるかをテーマとして実施した。活性汚泥法としては現在下水処理の分野で広く普及している標準法を前提とし、その運転方式（滞留時間、槽の分割、エアレーションの有無、混合液の循環、他）の一部変更による窒素除去への効果について調査を行なった。また平行して急速濾過による処理水質向上の可能性、汚泥の濃縮特性について調査を行なった。

活性汚泥法の運転方式の一部変更（以下、活性汚泥変法と呼ぶ）による窒素除去の可能性については既の実験室規模や実施施設での調査結果が報告されているので、本調査では実際の下水を用いたパイロットプラント実験によりその適用性及び限界について評価することを主たる目的とした。

2.2 調査方法

調査に用いた実験装置は京都市鳥羽下水処理場に設置している京都三次処理パイロットプラントの生物処理実験装置、急速濾過実験装置、汚泥濃縮実験装置であり、各装置の施設諸元と概要を表-1に示す。実験のフローは図-1に示す通りである。実験に用いた下水は京都市鳥羽下水処理場の初沈流出水であり、これを生物処理実験装置に通し、その処理水と余剰汚泥を後段の急速濾過、汚泥濃縮に利用した。

各実験装置の稼動期間は次の通りである。

- イ・生物処理実験装置：昭和54年度～59年度
- ロ・急速濾過実験装置：昭和56年度～59年度
- ハ・汚泥濃縮実験装置：昭和57年度～59年度

表-1 実験装置の施設諸元

1. 生物処理実験装置

a. エアレーションタンク

各槽の寸法： $4.0\text{ m}^W \times 2.1\text{ m}^L \times 3.0\text{ m}^H \div 25\text{ m}^3$

4槽直列×2シリーズ 計200 m³

散気装置は散気板

最大送気量 1.0 m³/分・槽

b. 沈殿池

矩形と円形が各1

矩形： $2.0\text{ m}^W \times 10\text{ m}^L \times 2.5\text{ m}^H \div 50\text{ m}^3$

円形： $5.15\text{ m}^\phi \times 2.5\text{ m}^H \div 50\text{ m}^3$

2. 急速濾過実験装置

形式 下向流重力式

濾過面積 $1.0\text{ m} \times 1.2\text{ m} = 1.2\text{ m}^2$

洗浄方式 水洗浄+空気洗浄

最大損失水頭 3000 mm

3. 汚泥濃縮実験装置

円筒形

$1.15\text{ m}^\phi \times 4.0\text{ m}^H \div 4.0\text{ m}^3$

Hを変えることで有効容積の変更可

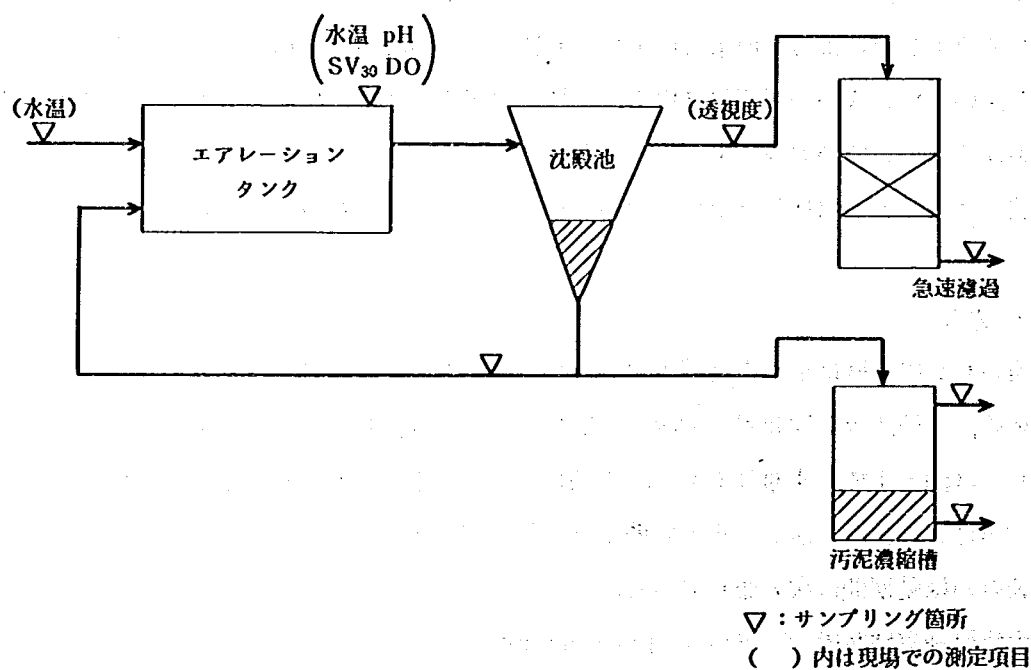


図-1 実験のフローシート

生物処理の運転状況の指標として流入水の水温、エアレーションタンクの水温と pH と SV_{30} 、処理水の透視度の 5 項目を毎日定時（午前 10 時）に測定した。また各装置の処理成績を把握するため図－1 に示した個所で週 1 回～2 週 1 回の頻度で流入水、処理水及び汚泥の試料を採取し分析を行なった。流入水と処理水については原則として火曜日の午前 10 時から翌日午前 10 時までの 24 時間混合試料、汚泥については水曜日午前 10 時採取のグラフ試料を分析に供した。分析の項目と方法を表－2 に示す。なお生物処理実験装置には沈殿池が 2 池あるため 1 系列運転時の処理水としては特に断わらない限り矩形沈殿池の流出水を用いた。

2.3. 実験条件

a. 生物処理

活性汚泥変法として図－2 に示す 5 種類の運転方式（以下、Mode と呼ぶ）をとり上げて実験を行なった。各 Mode について簡単に説明を加えておく。

- イ. Mode－I： エアレーションタンクの前半を嫌気槽、後半を好気槽として好気槽の末端から嫌気槽へ混合液を循環させる。流入水中の有機物と循環された混合液と返送汚泥中の酸化態窒素（ NO_2-N と NO_3-N の和で NO_T-N と表現する）を利用して脱窒（ NO_T-N から N_2 ガスへの転換により窒素が除去されることを本文では特に脱窒と呼ぶことにする）が行なわれる。
- ロ. Mode－II： エアレーションタンクの前半を嫌気槽、後半を好気槽として運転し、返送汚泥量を増やすことにより嫌気槽への NO_T-N の流入を増加させる。脱窒の原理は Mode－I と同じである。
- ハ. Mode－III： 下水のエアレーションタンクへの流入をステップ方式で行ない、下水の流入する槽を嫌気槽とする。好気槽で硝化された窒素が嫌気槽で脱窒される。
- ニ. Mode－IV： エアレーションタンクを入口から順に好気槽、嫌気槽、好気槽とし、各々硝化、脱窒、再曝気を行なう。
- ホ. Mode－V： 流入水と返送汚泥が混合するエアレーションタンク流入部を嫌気槽とし、以下 Mode－IV と同じである。流入部の嫌気槽は生物学的リン除去を期待して設けたものである。

注： 好気槽とは散気板によるエアレーションを行なっている槽、嫌気槽とはエアレーションを絞るか、エアレーションを止めて機械（水中攪拌機）を用いて攪拌のみを行なっている槽を意味している。

流入水は定量流入を原則とし、適宜流量変動を与えてその影響について調査した。流量変動のパターンは図－3 に示すものを用いた。このパターンは鳥羽下水処理場の流入下水の代表的なパターンを基に作成したものである。

図－2 に示す運転のフローはエアレーションタンクを 8 槽直列で運転した時のものである。実験期間の大半は 8 槽直列で運転したが、一部で 2 系列（4 槽直列を 2 つ）で運転した期間がある。

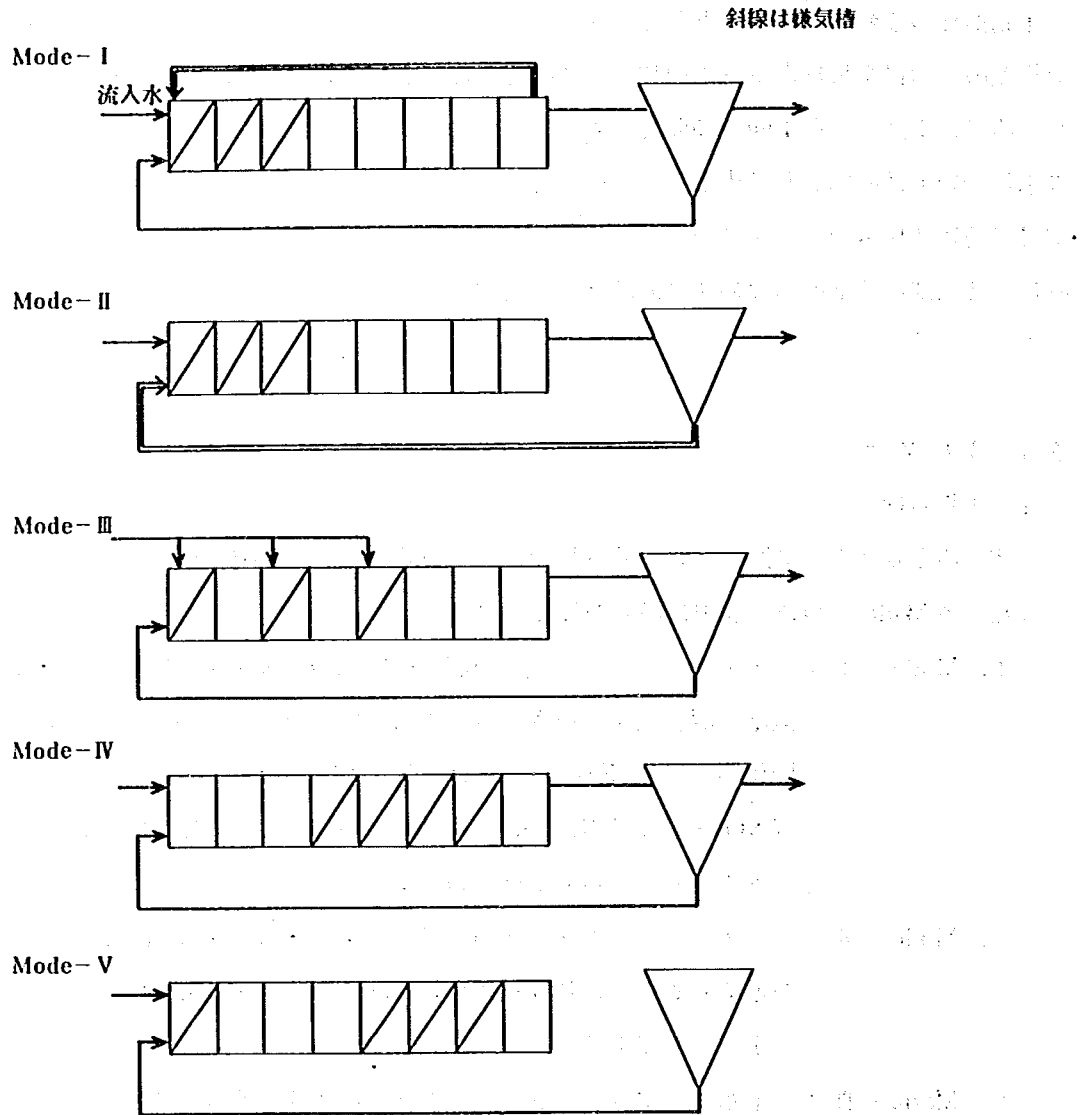


図-2 生物処理の運転方式

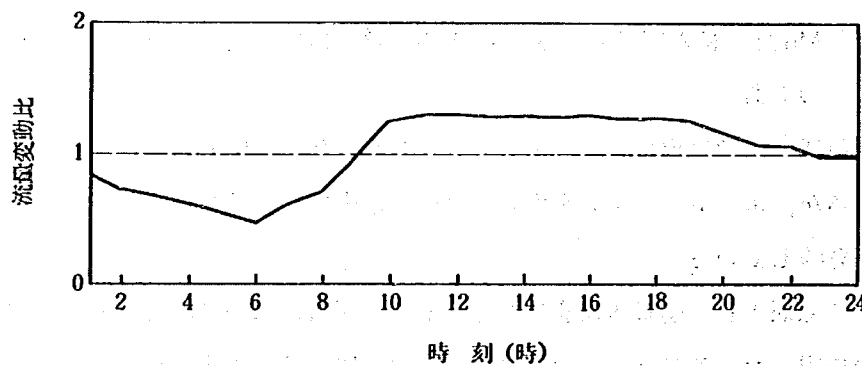


図-3 流量変動パターン

表－２ 分析項目と分析方法

項目 \ 試料	生 物 流入水	生 物 処理水	生 物 混合液	生 物 汚 泥	急 濾 処理水	濃 縮 汚 泥	濃 縮 分離水	分 析 方 法
BOD	○	○			○			下水試験方法による。
ATU-BOD		○			○			
COD		○			○			
COD-D	○	○			○			
SS	○	○	○	○	○	○	○	
VSS			○	○		○		
アルカリ度	○	○						
K-N	○	○		○	○		○	
K-N-D	○	○						
NH ₄ -N	○	○						
NO ₂ -N		○						
NO ₃ -N		○						
T-P	○	○		○	○		○	混合試薬法
T-P-D	○	○						
濁 度	○	○						散乱光式

b. 急速濾過

生物処理の処理水の濾過特性を把握するため、アンスラサイトと砂の２層濾過による実験を行なった。濾過の運転条件は表－３に示す通りである。実験は全て定量流入で行なった。

c. 汚泥濃縮

汚泥濃縮槽は表－４に示す条件で運転した。この条件は実験期間中変更していない。

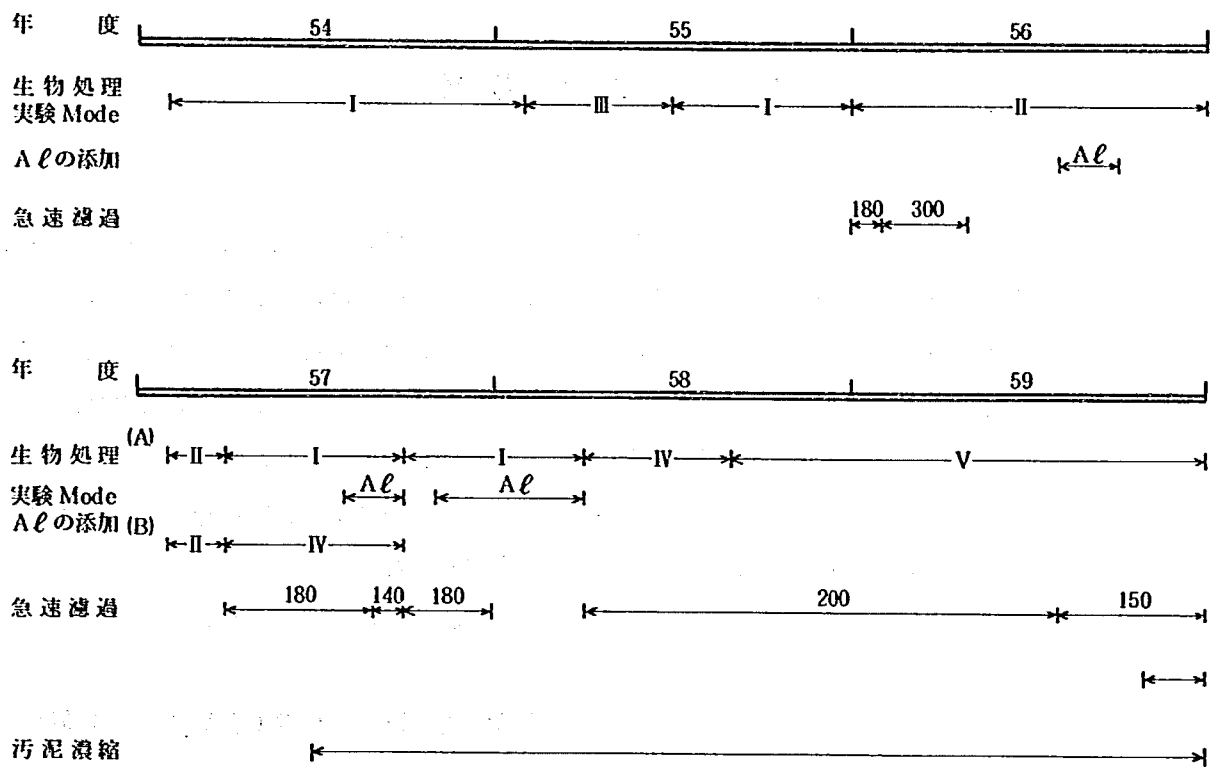
各実験装置の主な実験条件とそれに対応する実験期間を図－４に示す。

表-3 濾過の運転条件

濾材材質		粒 径	均等係数	濾床厚
アノスラサイト		1.47 mm	1.38	600 mm
砂		0.64	1.25	300
条 件	期 間	濾過速度 (m/日)	濾 過 終 了 点	
F-1	S.56. 5~ 7	300 定量	全損失水頭 3 m	
F-2	S.57. 7~ 11	180 "	"	
F-3	S.57. 12	140 "	"	
F-4	S.58. 7~ 59. 11	200 "	濾過時間46時間	
F-5	S.59. 12~ 60. 3	150 "	"	

表-4 濃縮槽の運転条件

槽 容 量	1.4 m ³
投入汚泥量	1.4 m ³ /日
引抜汚泥量	0.3 m ³ /日



注：昭和57年度の急速濾過の原水は、生物処理A系列の処理水
昭和57年度の汚泥濃縮への供給汚泥は生物処理A系列の引抜汚泥

図-4 各実験装置の実験条件と期間

3. 結果と考察

3.1. 生物処理

生物処理の実験条件と水質分析の結果を各々付表-1-1～1-8, 付表-2-1～2-9に示す。各表に付した実験番号は生物処理の実験条件と流入水温に基づいて実験期間を分けたことに対応して設けたものである。流入水温による分類は25℃以上, 20～25℃, 15～20℃, 15℃以下を目安としている。表にあげた結果は同一の実験条件による運転が1カ月以上継続して行なわれたケースのみを対象としており, データとして採用したのは汚泥の引拔が安定する時期以降の結果である。表中に示した期間はデータとして採用した期間を意味している。なお烏羽下水処理場は合流式の処理場のため降雨の影響が残る場合には流入水質が異常に変化することがあるため, これらの値はデータから除外した。

次に実験の経緯, 処理状況, 窒素除去への影響因子等について詳しく述べて行きたい。

A. 実験の経緯

イ. Mode - I : 実験No 1をエアレーションタンク滞留時間(以下AT-RTと略す)が12時間, 循環率100%の条件でスタートさせた。

実験No 2では嫌気槽を3槽から2槽に減らして運転した。余剰汚泥の引拔に関してトラブルが多く, 引拔過剰でMLSSを高く保つことができなかった。

実験No 3では好気槽を3槽に戻し, AT-RTを8時間とした。

実験No 4～No 7では循環率を200%に上げ, 半年に及ぶ長期運転を行なった。

実験No 10では流入水と循環液を1槽目でなく2槽目に流入させた。

実験No 11～No 13ではAT-RTを12時間とし流量変動をかけて運転した。

実験No 24～No 27は4槽で運転し, 嫌気槽1, 好気槽3, AT-RT 8時間, 循環率100%とした。このうちNo 25～No 27ではエアレーションタンクの最終槽に硫酸バンドを添加し, 窒素に加えてリンを除去する運転を行なった。

実験No 33～No 35では8槽運転に戻し, 硫酸バンドないしはPAC(ポリ塩化アルミニウム)を添加した。

ロ. Mode - II : 実験No 14を返送率50%, AT-RT 12時間でスタートさせた。No 14では嫌気槽の攪拌を機械でなくエアで行なった。

実験No 15～No 23, No 28では返送率を150%に上げた。AT-RTはNo 20が12時間の他は全て8時間である。No 15～18とNo 21, 22で嫌気槽の攪拌方法の比較(エアと機械)を行なった。

実験No 19, No 20では硫酸バンドを添加する実験を行なった。このとき硝化の関係からNo 20ではAT-RTを8時間から12時間と伸ばし, 嫌気槽を3槽から2槽に減らして運転した。

実験No 23とNo 28は4槽運転で, いずれもAT-RTは8時間である。

ハ、Mode - III : 実験Na 8, Na 9 とも AT - RT は 8 時間である。Na 8 では嫌気槽は 2, 4, 6 槽目, Na 9 では 1, 4, 6 槽目である。

ニ、Mode - IV : 実験Na29~Na32は 4 槽 (好気槽 1, 嫌気槽 2, 好気槽 1 の順) で運転した。AT - RT はNa29とNa32が 8 時間, Na30とNa31が12時間である。

実験Na36とNa37は 8 槽で運転した。AT - RT は12時間である。

I ~ V の各Mode 共, 嫌気槽でスカムが発生したが, Mode - IV では最も多量に発生した。特に実験Na36ではスカム発生が激しかったため実験期間中に余剰汚泥の引拔をしなかった。

ホ、Mode - V : 実験Na38~Na45は 8 槽で, AT - RT 12時間の条件で 1 年以上にわたる長期運転を行なった。嫌気槽でのスカムの発生はMode - IV 同様に多かった。スカムの量は流入部の 1 槽目より後段の嫌気槽の方が多かった。

B. 流入水の性状

実験期間中の流入水 (初沈流出水) の水質の変化を付図 - 1 ~ 6 に示す。図に示した水質項目は BOD, SS, K - N (ほぼ T - N に等しい), COD, アルカリ度, T - P である。

いずれの項目についても明瞭な季節変動が見られ, 1 月 ~ 4 月が高く, 7 月 ~ 8 月に低くなっている。

経年的傾向を把握するため比較的バラツキの少ない 1 月 ~ 3 月と 8 月との平均値を求めた結果を表 - 5 に示す。8 月の値と比べると 1 月 ~ 3 月の値の方が変化が激しい。変化の激しい項目は SS, T - P, BOD であり, 特に SS では 1980 年と 1985 年を比べると後者は前者の半分以上となっている。これに比べてアルカリ度はほとんど変化がない。

表 - 5 生物処理流入水質の経年変化

単位 : mg/ℓ

	年	BOD	SS	K - N	COD	アルカリ度	T - P
8 月	昭和 54 年	60	53	17.8	51	116	2.48
	55	67	55	16.5	46	107	2.23
	56	62	71	18.2	42	102	2.42
	57	55	57	15.0	41	104	2.07
	58	54	55	15.5	48	117	2.21
	59	55	50	12.6	45	110	1.83
	昭和 55 年	126	132	32.0	91	147	4.42
1 月 ~ 3 月	56	119	106	28.3	73	142	3.53
	57	104	88	29.0	74	145	3.61
	58	90	70	24.3	66	131	3.19
	59	96	74	25.8	78	146	2.92
	60	97	62	26.0	63	140	2.75

C. 処理状況

付表-2-1～2-9の結果を基に実験番号毎に処理状況の比較を行なった。比較のための指標としては本調査の主目的である窒素除去と、生物処理の本来の目的であるBOD除去の2つの観点から次の4項目を選んだ。

- ① 窒素除去率 : $\frac{(\text{流入水のT-N}) - (\text{処理水のT-N})}{\text{流入水のT-N}}$
- ② 脱窒率 : $\frac{(\text{流入水のT-N}) - (\text{処理水のT-N}) - (\text{余剰汚泥中のT-N})}{(\text{流入水のT-N}) - (\text{余剰汚泥中のT-N})}$
- ③ $\text{NH}_4\text{-N}$ 残存率 : $\frac{(\text{処理水の}\text{NH}_4\text{-N})}{(\text{流入水の}\text{NH}_4\text{-N})}$
- ④ 処理水BOD

実験番号毎に①～④の値をまとめたものが表-6である。表-6をみると窒素除去率は29～73%となっており、概ね60%前後である。脱窒率は窒素除去率より数%低くなっている。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 残存率は概ね5%以下におさまっているが、一部でかなり高い値がある。処理水BODは概ね10mg/ℓ以下であるが、20mg/ℓを超えるものが5ケースある。

次に窒素除去率と処理水BODを基に表-7に示す基準により処理状況の評価を行なった。評価の結果は前述の表-6に示した。45ケース中で○と評価されたものが21, △が14, ×が9, 不明が1という結果となった。×と評価された9ケースのうち窒素除去率が低い(50%未満)ためのものは4, 処理水BODが高い(20mg/ℓ以上)ためのものが5となっている。窒素除去率の低いケースは脱窒率も低くなっており、脱窒の不足が主な原因である。処理水BODが高いケースは $\text{NH}_4\text{-N}$ 残存率が高く、硝化の不十分なことが影響していると考えられる。

次に窒素の処理について詳しく調べていきたい。

表-7 生物処理の処理状況の評価基準

		窒 素 除 去 率 (%)		
		60 以 上	50 以上 60 未満	50 未 満
処 理 水 BOD (mg/ℓ)	20 未 満	○	△	×
	20 以 上	×	×	×

D. 窒素の処理パターン

まず各運転 Mode において好気槽での硝化、嫌気槽での脱窒が各々 100 %おきると仮定した場合の理想的な処理パターンを図-5 に示す。この図はエアレーションタンクに流入した窒素が処理過程でどう変化するかを模式的に示したものである。

Mode - I と Mode - II では循環水と返送汚泥で戻ってくる $\text{NO}_x - \text{N}$ が脱窒されることから、脱窒率は循環率と返送率の和から決定される。例えば両者の和が 150, 250 % の場合、脱窒率は 60, 71 % となる。

Mode - III ではステップ注入口の数と返送率から脱窒率が求められる。

Mode - IV と Mode - V では嫌気槽が 100 % 機能できれば脱窒率を 100 % にまで高めうることになる。

以上の理想的状況下の脱窒率と表-6 に示されている実測値と比較すると、Mode - I と Mode - II では両者はほぼ等しくなるケースが少なくないが、Mode - III ~ Mode - V では実測値の方がかなり低くなっている。

表-6 生物処理における窒素及びBODの処理状況

実験 Mode	実験 番号	窒素除去率 (%)	脱 窒 率 (%)	NH ₄ -N残存率 (%)	処理水BOD (mg/ℓ)	評 価
I	1	59	55	0.3	8.8	△
I	2	42	40	0.8	5.5	×
I	3	54	53	12	13	△
I	4	61	57	0.4	13	○
I	5	68	62	0.6	12	○
I	6	60	50	18	28	×
I	7	65	55	3.3	16	○
Ⅲ	8	64	61	0.3	6.7	○
Ⅲ	9	39	35	0.8	11	×
I	10	61	58	0.3	6.9	○
I	11	66	61	0.4	7.7	○
I	12	61	54	0.5	12	○
I	13	66	60	0.5	5.7	○
Ⅱ	14	50	41	0.5	11	△
Ⅱ	15	59	53	0.5	6.0	△
Ⅱ	16	59	54	1.2	5.3	△
Ⅱ	17	63	58	1.2	3.6	○
Ⅱ	18	63	58	1.7	7.8	○
Ⅱ	19	46	37	18	20	×
Ⅱ	20	55	44	12	18	△
Ⅱ	21	60	54	2.8	19	○
Ⅱ	22	57	50	3.2	18	△
Ⅱ	23	66	61	0.6	8.0	○
I	24	51	45	0	9.4	△
I	25	37	32	0	10	×

実験 Mode	実験 番号	窒素除去率 (%)	脱 窒 率 (%)	NH ₄ -N残存率 (%)	処理水BOD (mg/ℓ)	評 価
I	26	58	54	1.5	8.2	△
I	27	65	56	4.7	12	○
II	28	59	52	8.0	21	×
IV	29	29	17	59	38	×
IV	30	50	46	0	3.9	△
IV	31	67	64	3.3	11	○
IV	32	41	33	68	56	×
I	33	54	43	5.8	11	△
I	34	60	52	0	4.5	○
I	35	55	42	0	4.7	△
IV	36	48	48	2.0	6.1	×
IV	37	58	53	1.6	8.6	△
V	38	72	67	2.3	8.3	○
V	49	73	66	4.9	11	○
V	40	—	—	—	16	—
V	41	62	55	3.7	5.2	○
V	42	51	44	2.8	5.0	△
V	43	55	47	3.9	7.2	△
V	44	61	50	0.9	4.0	○
V	45	59	49	1.2	8.2	△

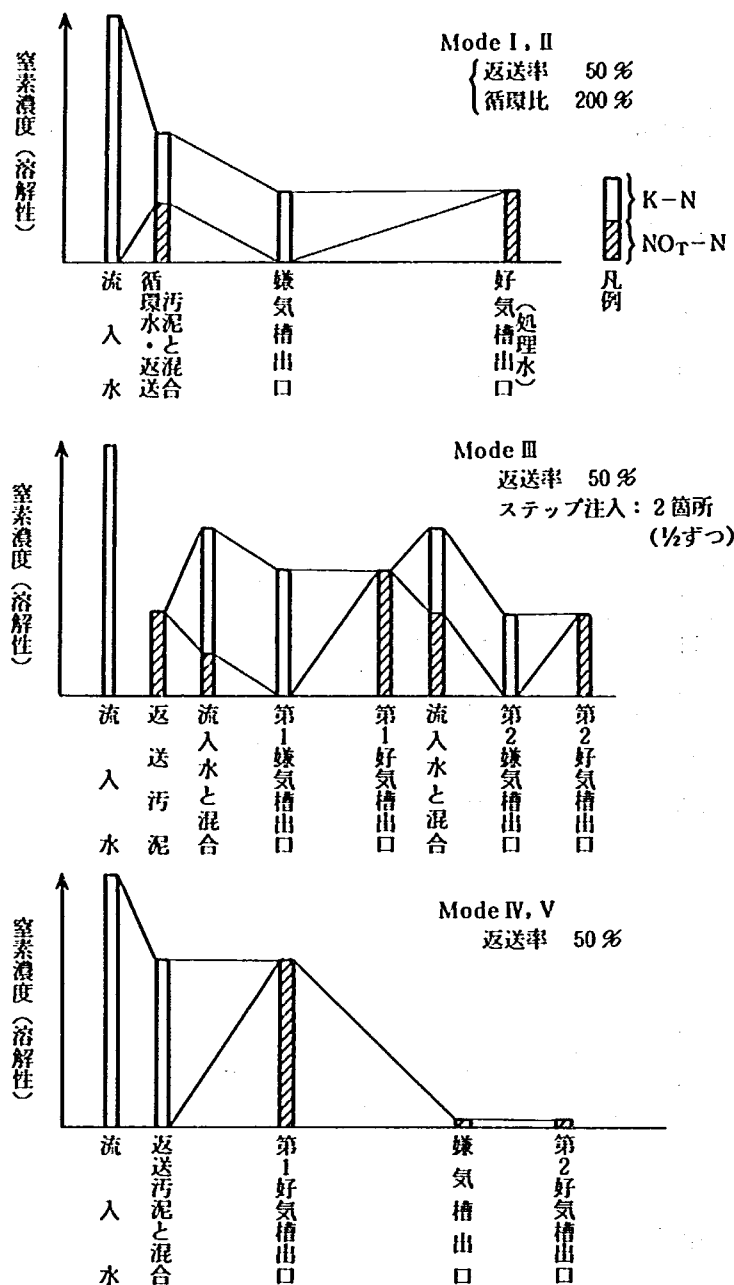
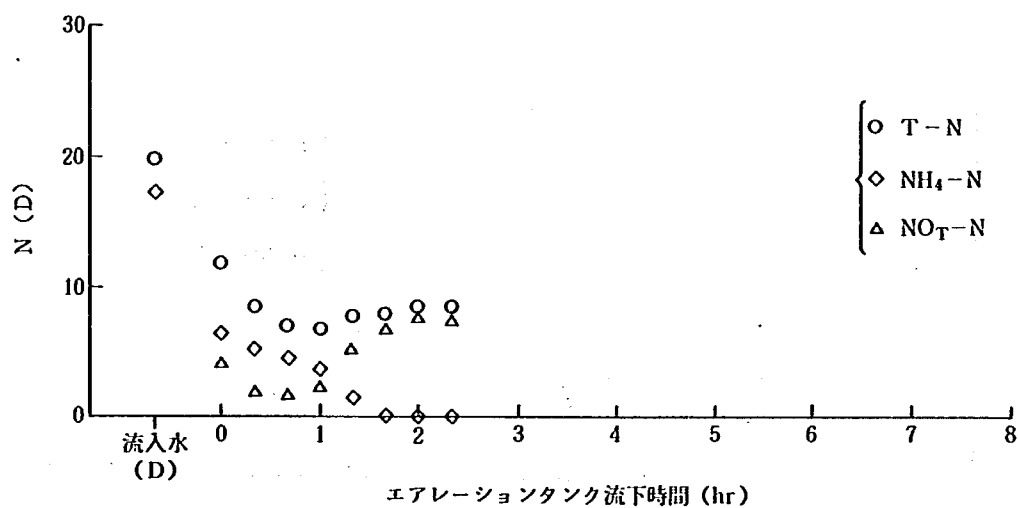
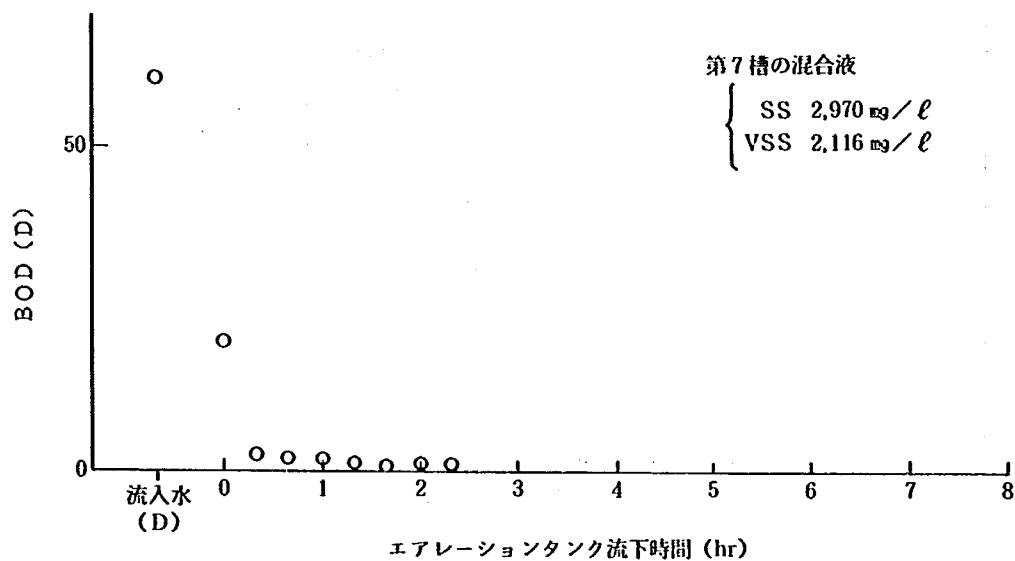


図-5 各Modeにおける理想的処理パターン

次に各Modeにおいて処理が良好に行なわれていた時期の処理パターンを図-5の模式図にならってエアレーションタンク追跡調査の形で表わしたのが図-6-1～図-6-4である。図には溶解性BODと溶解性窒素 (K-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_x\text{-N}$) の動きを示した。これらの図をみるとMode-IとMode-IIでは図-5の模式図によく似た挙動をしているが、Mode-IIIとMode-V (恐らくMode-IVも同様と思われる) については図-5とはかなり異なっている。

Mode-IIIについては嫌気槽で $\text{NO}_x\text{-N}$ の増加、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 及びT-Nの減少が起きており、硝化と脱窒が平行して生じていることが指摘できる。好気槽では硝化のみがおきておりT-Nはほとんど変化していない。



注：本ケースは循環水，流入水をNo2槽へ入れているため
No1槽の値は省略した。

図-6-1 エアレーションタンク追跡調査の結果 (Mode I)

(S.55.11, 実験No11)

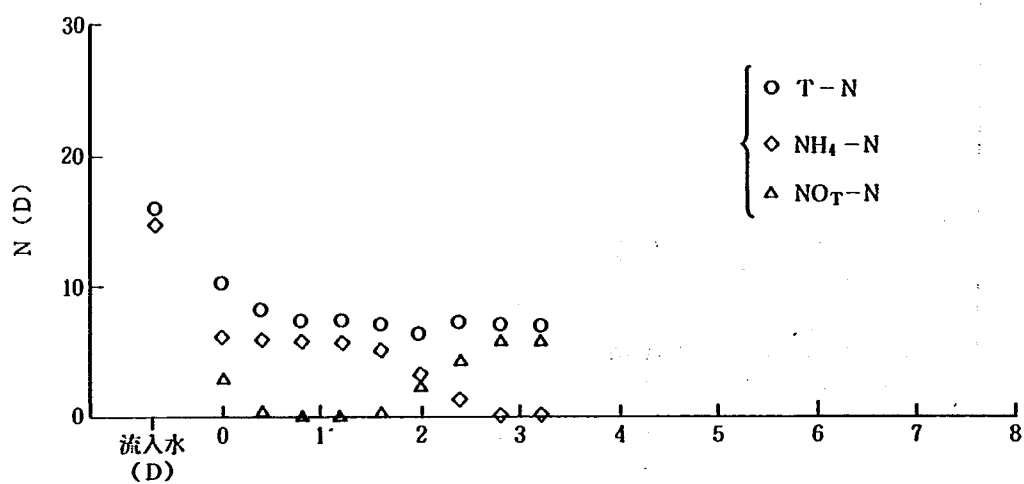
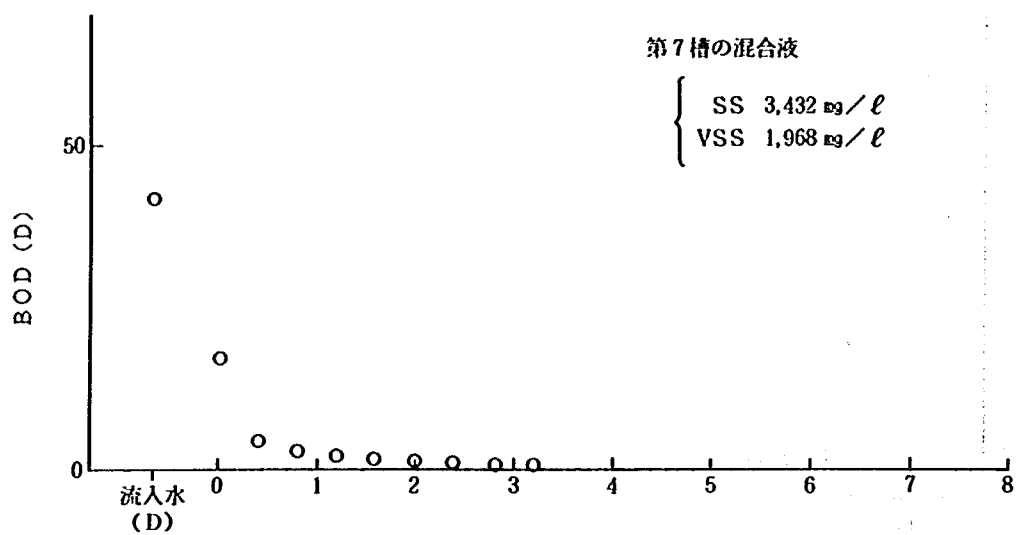


図-6-2 エアレーションタンク追跡調査の結果 (Mode II)

(S.56.9 実験No.17)

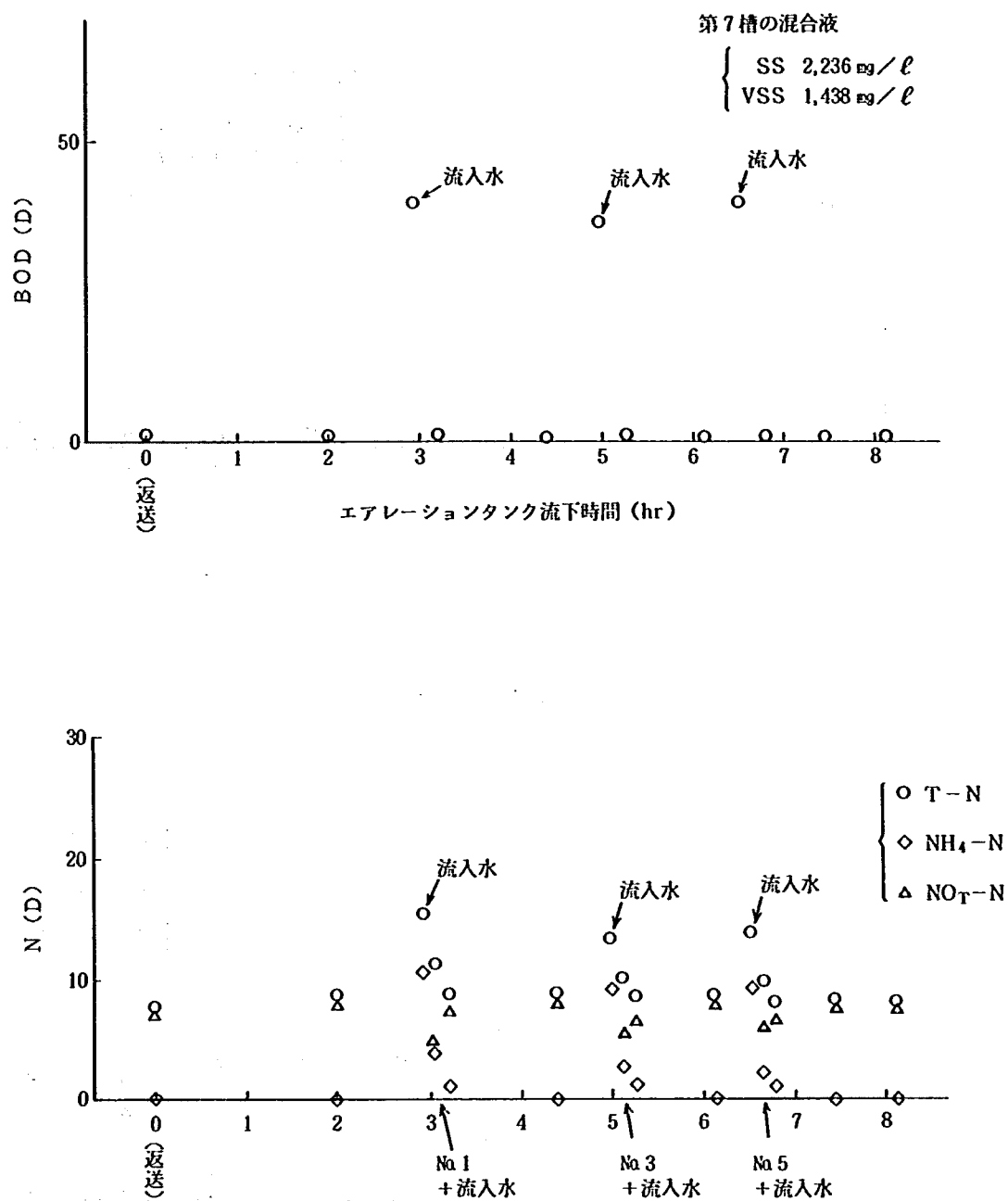


図-6-3 エアレーションタンク追跡調査の結果 (Mode III)

(S.55.7. 実験No 8)

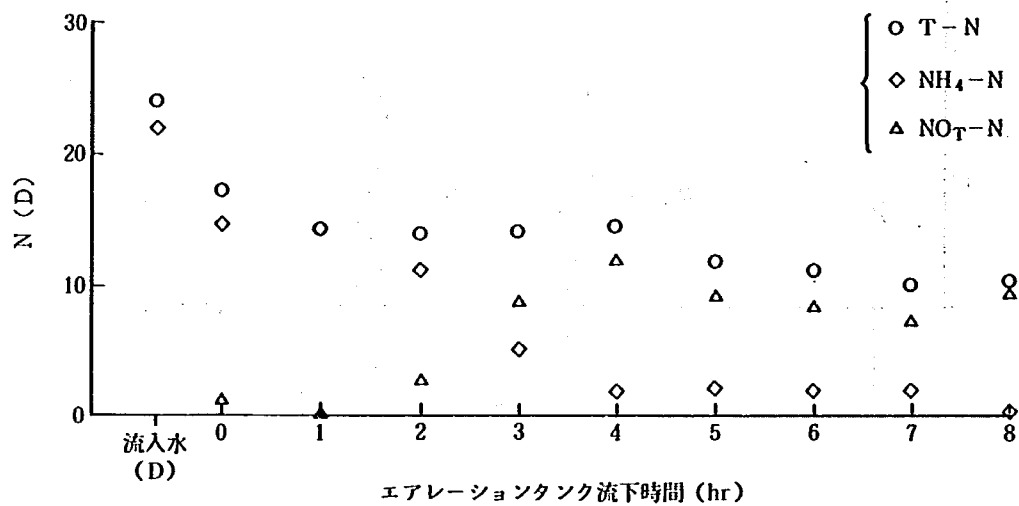
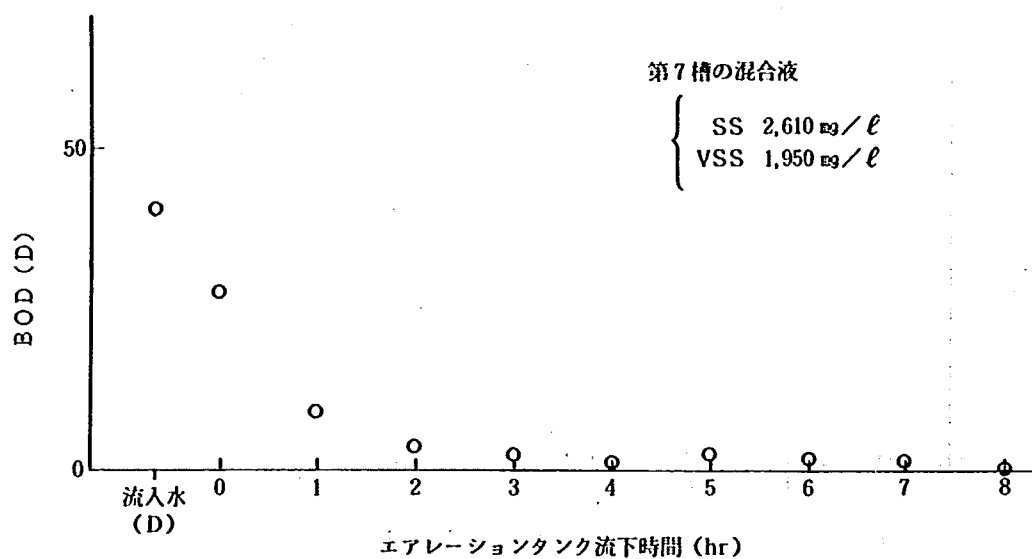


図-6-4 エアレーションタンク追跡調査の結果 (Mode-V)

(S. 59. 12. 実験No 44)

Mode - V では後段の嫌気槽において $\text{NO}_T\text{-N}$ が減少するが、これが途中で停止するため処理水に残留している。

以上の結果から Mode - I と Mode - II では模式図に示したパターンで処理が進んでいることが明らかとなった。また Mode - V (恐らく Mode - IV も) は基本的には模式図のパターンで処理されているが、嫌気槽での脱窒の程度が脱窒率を大きく左右していることが分かる。これに対し Mode - III では嫌気槽の挙動が模式図と少し異なっており、この現象を説明するためには硝化と脱窒の同時進行を仮定する必要がある。

処理が順調に行なわれず、表 - 6 で△ないしは×と評価されたケースの状況を把握するため、これらのケースにおいて実施したエアレーションタンク追跡調査の結果を付図 - 7 - 1 ~ 付図 - 7 - 9 に示す。図に示したケースの運転条件その他のコメントを表 - 8 に示す。表 - 8 のコメントから硝化と脱窒のバランスの崩れが窒素除去率の低下を招いていることが分かる。

表 - 8 窒素除去率の芳しくなかったケースの
エアレーションタンク追跡調査に関するコメント

図番号	Mode	実験番号	現 象	コ メ ン ト
7 - 1	I	No 2	嫌気槽で $\text{NO}_T\text{-N}$ の減少が見られず、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は好気槽で完全に硝化。	本ケースは余剰汚泥の引抜きトラブルが多く MLSS が低い。加えて嫌気槽を2槽に減らしたため、脱窒が不調となっている。
7 - 2	I	No 6	嫌気槽では脱窒が起きているが好気槽での硝化が不十分である。BOD の除去は遅く好気槽でも $5\sim 10\text{mg}/\ell$ 残留している。	例年2月は流入負荷が最も高くなる。好気槽の末端の DO は $1\text{mg}/\ell$ 以下になる時間がある。
7 - 3	I	No 24	嫌気槽での $\text{NO}_T\text{-N}$ の減少 $1\sim 2\text{mg}/\ell$ と少ない。	嫌気槽が1槽しかないことと、MLSS が $1,754\text{mg}/\ell$ と低いため脱窒が不十分である。
7 - 4	I	No 33	嫌気槽の3槽目で $\text{NO}_T\text{-N}$ が消失、好気槽での硝化速度が遅く、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が残留している。	硫酸バンドを第8槽(好気槽末端)に添加、好気槽の DO は末端でも $1\text{mg}/\ell$ 以下になる時間があり硝化に支障をきたしている。
7 - 5	II	No 19	嫌気槽末端で $\text{NO}_T\text{-N}$ が $1\text{mg}/\ell$ 残留、好気槽での硝化速度が遅く流入した $\text{NH}_4\text{-N}$ の $1/2$ 以上が残留。	硫酸バンドを第8槽に添加、好気槽の DO は第6~8槽で $4\text{mg}/\ell$ 以上あり。
7 - 6	III	No 9	嫌気槽では T - N の変化なし、むしろ $\text{NO}_T\text{-N}$ が増加している。	
7 - 7	IV	No 29	嫌気槽では脱窒が起きているが、好気槽の硝化が不十分。	末端の好気槽の DO は $0.5\text{mg}/\ell$ と低く硝化に支障をきたしている。
7 - 8	IV	No 30	硝化は第1好気槽で完了、嫌気槽での脱窒はわずかである。	流入水の BOD が低い。
7 - 9	V	No 42	前段の好気槽では硝化が不十分、後段の嫌気槽では $\text{NO}_T\text{-N}$ が $2\text{mg}/\ell$ 減少するにとどまっている。	嫌気槽に厚いスカムが発生し、MLSS を高く維持できず、このため硝化、脱窒ともに不調である。

以下、硝化と脱窒に影響を及ぼした要因について考察を加えることとする。

E. 硝化に関する考察

E-1 DOと硝化

表-8のコメントの中に硝化不調時にエアレーションタンクのDOの低かったことがあげられている。そこでDOと硝化の関係についてデータを整理した。実験期間中でDOと $\text{NH}_4\text{-N}$ の連続分析計の稼動していた期間の中から処理水に $\text{NH}_4\text{-N}$ が日間平均で $2\text{ mg}/\ell$ 以上という日が5日以上続く期間を選びエアレーションタンクのDO(日間平均と最低で、各々飽和度で表示)と流入水と処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ (日間平均)の挙動を付図-8-1~付図-8-6に示す。選んだ期間と運転Modeは次の通りである。

- ① 昭和55年 2月~ 3月 : Mode-I
- ② 昭和56年 11月~ 12月 : Mode-II
- ③ 昭和57年 6月~ 7月 : Mode-II, Mode-IV
- ④ 昭和57年 11月~ 12月 : Mode-IV
- ⑤ 昭和59年 1月~ 3月 : Mode-V
- ⑥ 昭和59年 4月~ 6月 : Mode-V

付図-8-3の結果はエアレーション末端のDOと処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度との相関がはっきり表わされている。運転Modeの変更に伴ないエアレーションタンクのDOが急激に低下し、タンクの末端で5%以下の状態が長く続いている。これと平行して処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ が0から急増しほとんど硝化が起きなくなっている。途中DOが15%をこえる時には硝化の進行がみられる。最終的には流入水量を減らすことで元の完全硝化の状態に戻っている。この結果は過負荷が基本的な原因であり、その際の指標としてDOが利用できることを示している。

付図-8-4は同じ運転Modeで滞留時間と流量変動の2つの条件を同時に変更したときの様子を示している。条件変更に伴ないDOはゆるやかに低下し約2週間後にタンク末端の値が10%以下となっている。処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ は条件変更後直ちにかなりの濃度残留している。流入水と処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ の差をみるとタンク末端のDOが10%以下のときには小さくなり、DOが高いときは差が大きくなるという傾向がある。この結果はDOと硝化が関連を持つことを示しながらも両者の挙動の間に違いのあることを表わしている。

付図-8-2は凝集剤として硫酸バンドを $A\ell$ として $4\text{ mg}/\ell$ 添加する運転を実施したときに見られた現象であり、 $A\ell$ の添加開始後2週間は順調に硝化が進んだが、その後徐々に処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ が高くなり $A\ell$ の添加後1カ月ではほとんど硝化しなくなっている。このあと流入水量を減らし、好気槽の数を5から6に増やすという運転条件の変更を行なったところ10日後あたりから処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ が低下しはじめ、変更後2週間ではほぼ完全硝化の状態に戻っている。この間、エアレーションタンクのDOはNo 6槽、No 8槽共に日間平均のみならず最低値でも30%以上あった。また硝化がきわめて不調であった11月下旬から12月上旬はエアレーションタンクのDOはむしろ高くなっていた。付図-8-2の結果はDOと硝化とが正の相関ではなく、無関係か負の相関のあることを示している。

付図-8-1, 8-5, 8-6の結果をみると処理水に $\text{NH}_4\text{-N}$ が残留しはじめるのはエアレーショ

ンタンク末端のDOが10～20%に下がった時が多いが、同レベルのDOで十分硝化されている場合もあり、DOと硝化の関係は明瞭ではない。

以上の結果からDOは硝化状況を表わす指標としては適していないことが分かる。但しDOがあまりに低い場合には硝化が起きないことから硝化のための必要条件としてエアレーションタンク末端でDO>10%を確保することが望ましいといえる。

E-2 SRTと硝化

付図-8-1は昭和55年2月～3月における硝化不調時の状況を示しているが、この時の原因がDO以外にあることは明らかである。このケースの運転条件の特徴としてはエアレーションタンク滞留時間が8時間と短く、水温が年間で最も低くなり、かつ流入水の濃度が年間で最も高いということである。そこで本ケースにおける原因を解明するため本ケースとよく似た条件で運転されて、しかも硝化が十分に行なわれた昭和57年1月～3月との比較を行なった。

両者の運転状況を図-7-1、7-2に示す。

水温はいずれも1月下旬～2月下旬に最も低くなり、14℃前後となる。

MLSSは昭和55年の場合には2月の1と月で1000 mg/ℓ以上増加しているが、昭和57年は3000 mg/ℓ前後で安定している。

SRTは昭和55年では1月末に低い時期があり、2月末になり10日をこえている。昭和57年では1月～3月全期間で10日を超えている。

流入水のSSとBODはどちらも昭和55年の方が高い。特にSSでは差が大きい。

処理水のNH₄-Nは昭和55年では2月に入り徐々に高くなっていくが、3月に入り急に低くなる。昭和57年は多少の残留はあるが概ね完全に硝化されているといえる。

両図を比較して特徴的なのはMLSSとSRTの動きであり、昭和55年には流入負荷の増大に合わせてMLSSが増加しているが、SRTでは逆に低下する時期がある。昭和57年には流入負荷の変動はわずかであり、安定したMLSS及びSRTで運転されている。

以上の考察から昭和55年1月～3月における硝化の不調はSRTの不足によるものと推定される。図-7-1と7-2から1月～2月の低水温期(14℃)における必要SRTは10日以上と判断できる。但しこの推定はMode-IないしMode-IIにあてはまるものである。

なおMode-IVないしはMode-Vでは付図-8-6にみられるように突然1週間程度硝化が悪化するという現象が何度か見られるが原因はよく分からない。

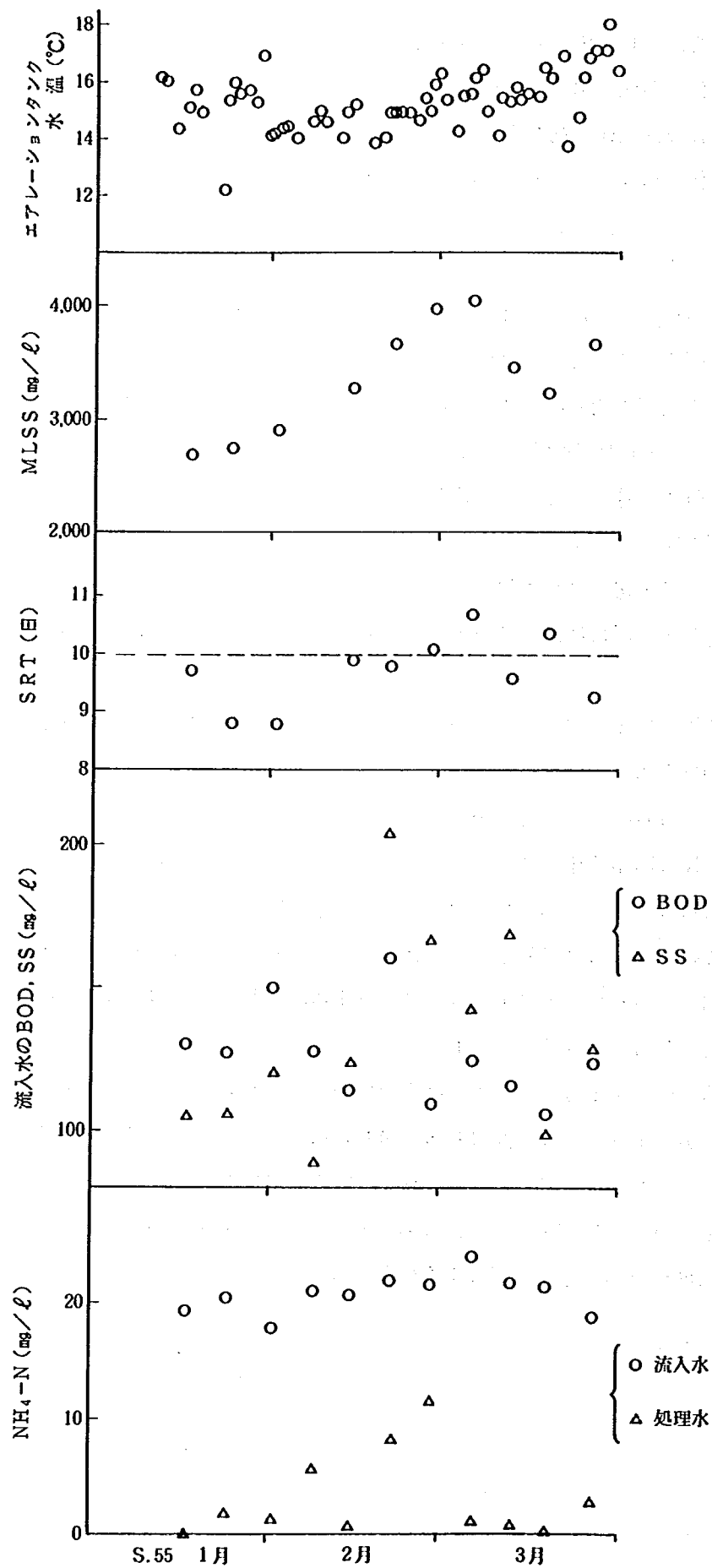


図-7-1 昭和55年1月～3月の運転状況

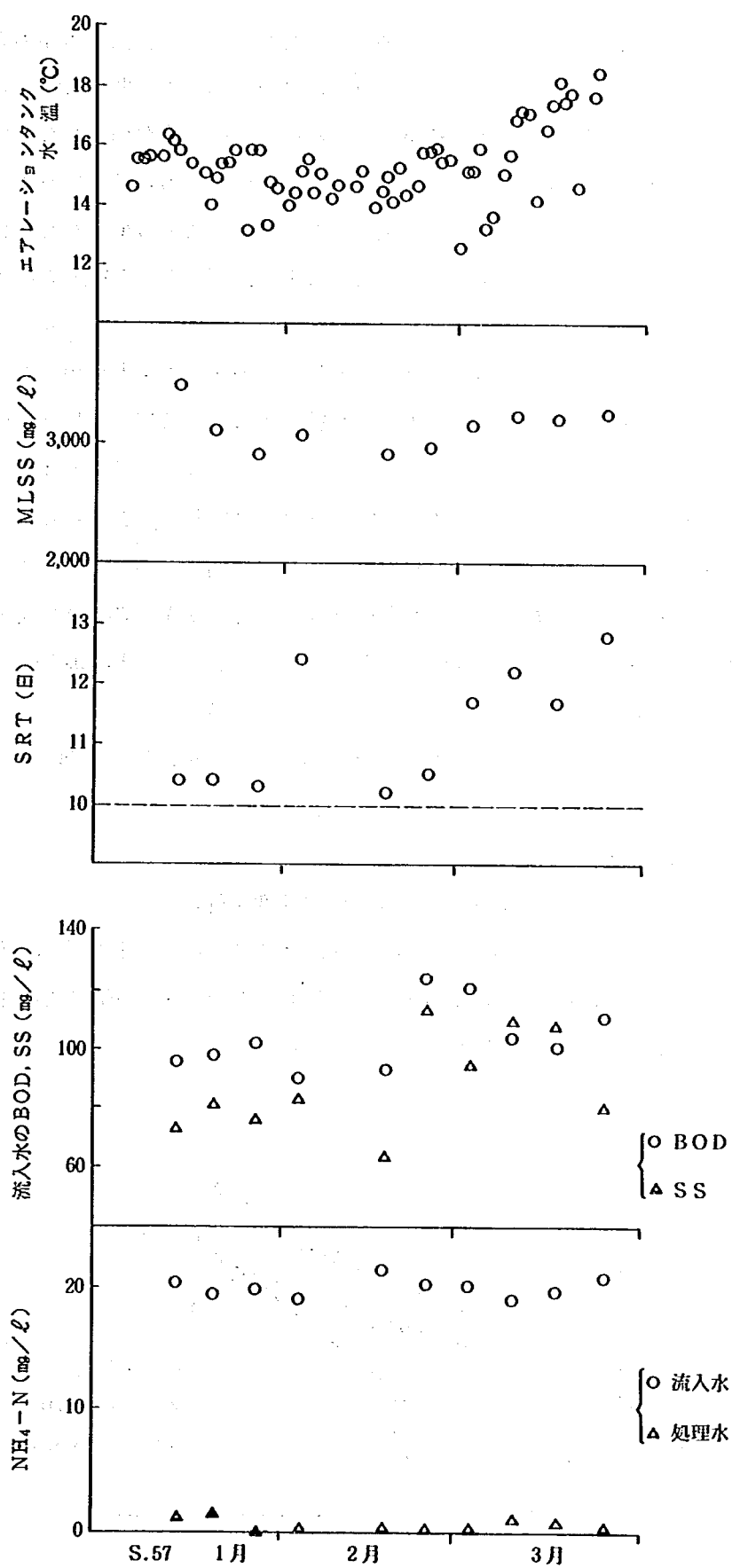


図-7-2 昭和57年1月～3月の運転状況

E-3 硝化速度

E1, E2で硝化が不調な時の状況について調べてきたが、ここでは活性汚泥の有する硝化能力について検討してみたい。硝化能力はパイロットプラントの好気槽の滞留時間と $\text{NO}_x\text{-N}$ の生成量から計算することができるが、処理水に $\text{NH}_4\text{-N}$ が残留していないときは過小な値となり、処理水に $\text{NH}_4\text{-N}$ が残留しているときは活性汚泥自体に変調を起している可能性がある。そこでパイロットプラントの活性汚泥を用いたバッチ試験における $\text{NO}_x\text{-N}$ の生成速度（0次反応で近似）から硝化速度を測定することとした。試験は15ℓのポリバケツに活性汚泥を入れ $\text{NH}_4\text{-N}$ 源として NH_4Cl を添加して連続的にエアレーションを行ない、適宜汚泥を採取し、その溶解性成分の $\text{NO}_x\text{-N}$ を測定するという方法で実施した。なお凝集剤添加のケースの測定については一部準備期間のデータをも採用した。

硝化速度の測定結果を付表-3に示す。付表-3の結果からVSS当りの硝化速度と水温の関係をプロットしたのが図-8である。図で白ヌキでプロットしたデータは測定時にパイロットプラントで硝化が順調に進み処理水に残留する $\text{NH}_4\text{-N}$ が 2 mg/ℓ 以下のものであり、黒塗りのデータは処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ が 2 mg/ℓ 以上のときのものである。凝集剤を添加せず、硝化が良好であった時のデータからVSS当りの硝化速度（ K_N ）と水温（ T ）との関係を求めると平均と最低とで次の2式が得られる。

平均 : $K_N = 0.867 \cdot \exp(0.0714 \cdot T)$ 式-1 (相関係数0.84)

最低 : $K_N = 0.707 \cdot \exp(0.0628 \cdot T)$ 式-2

単位及び適用範囲 K_N : $\text{mg} \cdot \text{N} / \text{g} \cdot \text{vss} \cdot \text{hr}$, vssが $740 \sim 2,900\text{ mg/ℓ}$

T : $^{\circ}\text{C}$, $13 \sim 25^{\circ}\text{C}$

図-8からさらに次の2点が指摘できる。

イ. プラントの硝化が不調の時にはバッチ試験の硝化速度が低い。

ロ. Al を $2 \sim 4\text{ mg/ℓ}$ 添加した活性汚泥は無添加のものに比べてVSS当りの硝化速度が低い。特に水温の低い場合に無添加のものとの差が大きい。 20°C における K_N の値は Al 4 mg/ℓ 添加の場合、無添加の場合の $1/2$ 近くまで低下する。

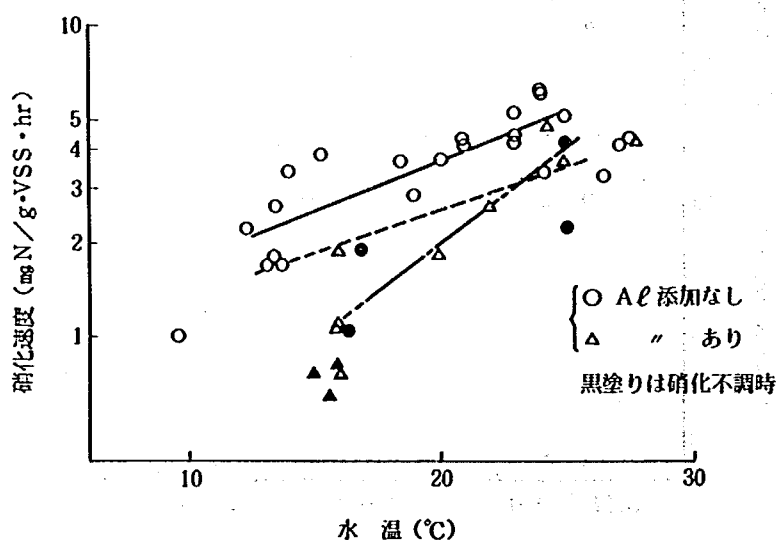


図-8 活性汚泥の硝化速度

F. 脱窒に関する考察

F-1 流入BODと窒素除去

脱窒を起こすためには有機物が必要といわれており、本実験においては流入水が唯一の有機物源となっている。そこで有機物の指標としてBODを用い窒素除去との関係を調べてみた。

各 Mode の代表的運転条件で運転したケースの中で硝化が不十分（処理水の $\text{NH}_4\text{-N} > 2 \text{ mg/l}$ ）のものを除いたデータから流入水BODと窒素除去率、窒素除去濃度との関係をプロットしたのが図-9、図-10である。図-9をみると流入水のBODが 70 mg/l まではBODが増えると窒素除去率が上がっているが 70 mg/l 以上ではほぼ60%強で一定になっている。Mode-II はBODが低い場合でも窒素除去率があまり低下しない。Mode-IV及びMode-Vでは窒素除去率が70%をこす場合もあるが、低い場合も多くバラツキが大きい。

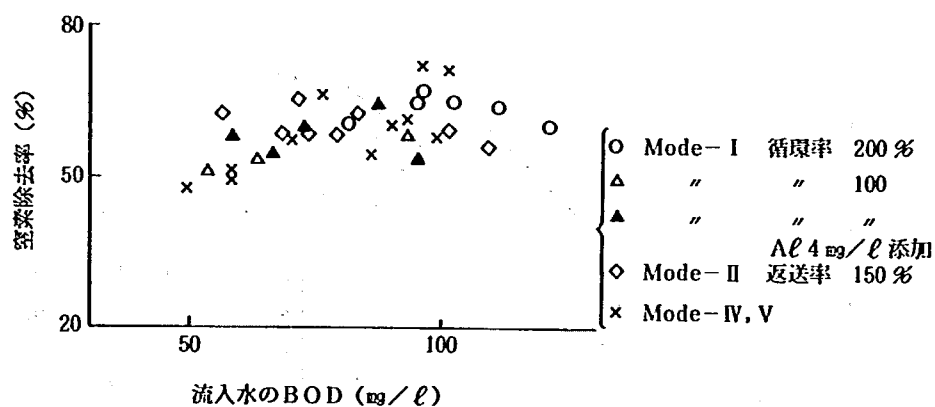


図-9 流入水のBODと窒素除去率の関係

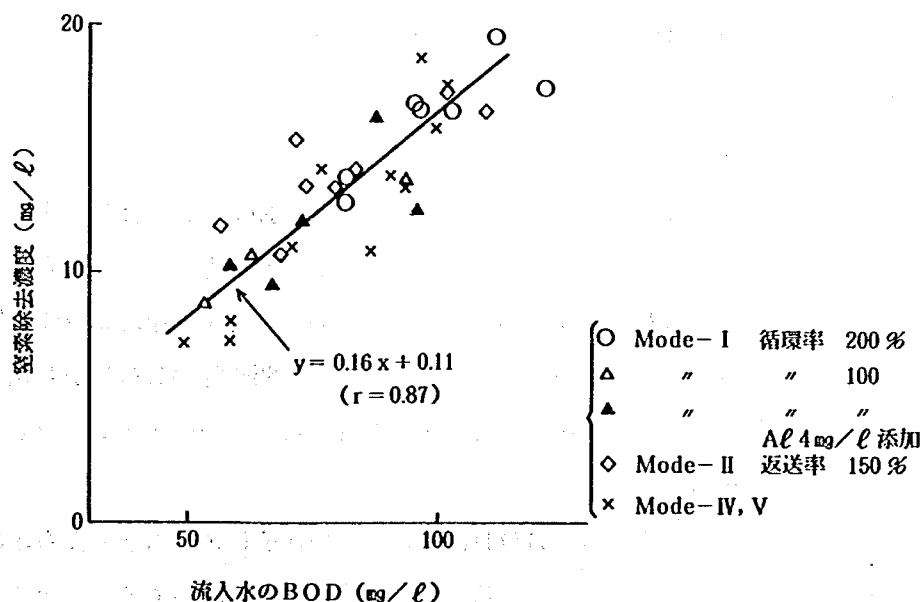


図-10 流入水のBODと窒素除去濃度の関係

図-10をみると Mode - IV 及び Mode - V のプロットがやや下方に分布しているが全体としてはきわめて良い直線の相関がみられる。そこで $BOD < 120 \text{ mg/l}$ のデータから流入水の $BOD (X)$ と窒素除去濃度 (Y) の回帰直線を求めると次式が得られる。

$$Y = 0.16 X + 0.11 \quad \text{式-3 (相関係数 0.87)}$$

式-3の回帰式から 1 g の窒素を除去するのに必要な BOD を求めると概ね 6 g となる。 $A\ell$ を添加した場合のプロットは式-3の回帰直線の周りに分布しており、窒素除去の面では無添加の場合とほとんど差のないことが分かった。

窒素の除去は脱窒と余剰汚泥としての系外搬出の両者によって行なわれる。窒素除去濃度と、そのうち脱窒によるものとの関係を示したのが図-11である。図によると脱窒による割合は $60 \sim 100 \%$ で、概ね 80% 前後であることが分かる。

以上の結果をまとめると「本実験の運転条件では窒素の除去量は概ね流入水の BOD の $1/6$ であり除去された窒素の約 80% が脱窒によっている」となる。

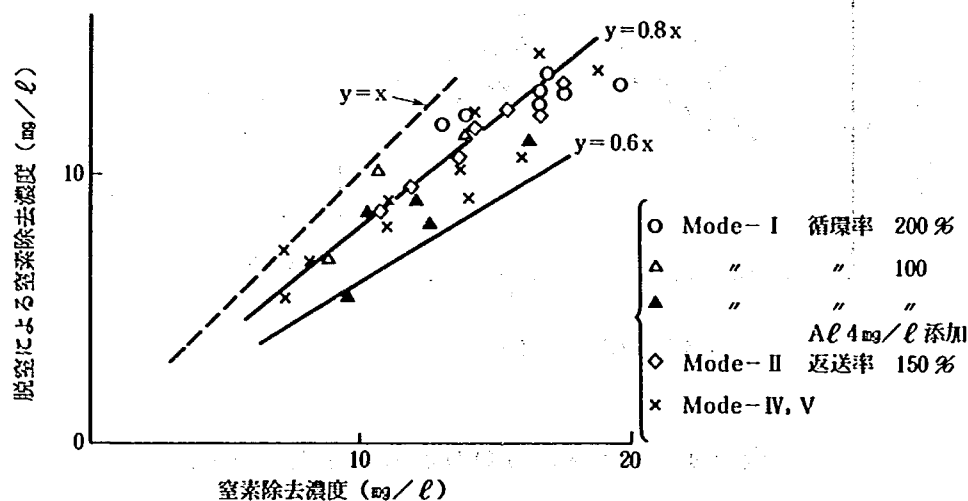


図-11 窒素除去に占める脱窒の割合

F-2 脱窒速度

次に活性汚泥の有する脱窒能力について考えてみたい。

まず硝化の場合と同じようにバッチ試験を行なった。脱窒速度は $NO_T - N$ の経時変化のグラフから零次反応で近似して求めた。結果はかなりバラついている他、脱窒速度を零次反応で近似することが適切と思われないケースがいくつかあった。結果のバラツキを示す例として脱窒速度に及ぼす初期 BOD 濃度と前バッチ気時間の影響を調べたときの値を付表-4に示す。脱窒開始時の BOD が変化すると VSS 当りの脱窒速度がかなり変化することが分かる。また脱窒を行なわせる前にエアレーションをすると脱窒速度が小さくなることが分かる。

このように活性汚泥の脱窒速度は流入水の BOD 、活性汚泥の状態により大きく左右されるため、バッチ試験の結果に基づいてパイロットプラントの状況を判断することは困難である。そこでパイロットプラント流入水と処理水のデータから次式で脱窒速度を推定することにした。

$$\text{プラントの脱窒速度} \left(\text{mg} \cdot \text{N} / \text{g} \cdot \text{vss} \cdot \text{hr} \right) = \frac{\text{脱窒された窒素濃度}}{\text{嫌気槽滞留時間} \cdot \text{MLVSS}} \quad \text{式-4}$$

式-4による推定は、嫌気槽で $\text{NO}_x\text{-N}$ が0とならないMode-IVとMode-Vにはある程度有効と思われる、嫌気槽で $\text{NO}_x\text{-N}$ が0となることの多いMode-IとMode-IIではやや過小となる恐れがある。結果を付表-5に示す。Mode-IVとMode-Vでは硝化不調時を除くと $0.75 \sim 1.60 \text{ mg} \cdot \text{N} / \text{g} \cdot \text{vss} \cdot \text{hr}$ という値が得られている。Mode-IとMode-IIでは嫌気槽の滞留時間が短い場合は嫌気槽で $\text{NO}_x\text{-N}$ が残留していることがエアレーションタンク追跡調査で確認されている。そこで嫌気槽滞留時間が2時間の場合の脱窒速度を求めると $2.28 \sim 3.29$ となっている。参考までに嫌気槽滞留時間が3時間と4.5時間の場合の値を求めると各々 $1.62 \sim 1.88$ である。

付表-5の結果から水温と脱窒速度の関係をプロットしたのが図-12である。いずれのModeでも脱窒速度は水温によらずほぼ一定の値を示している。これは脱窒速度が水温のみでなく流入水のBODの影響を受けるため、水温の影響がはっきり現われなかったことが原因と推定される。

以上の考察からプラントの脱窒速度として次の値が得られる。

Mode-I及びMode-II :	$2.3 \text{ mg} \cdot \text{N} / \text{g} \cdot \text{vss} \cdot \text{hr}$	水温は $15 \sim 26^\circ\text{C}$
Mode-IV及びMode-V :	1.3	

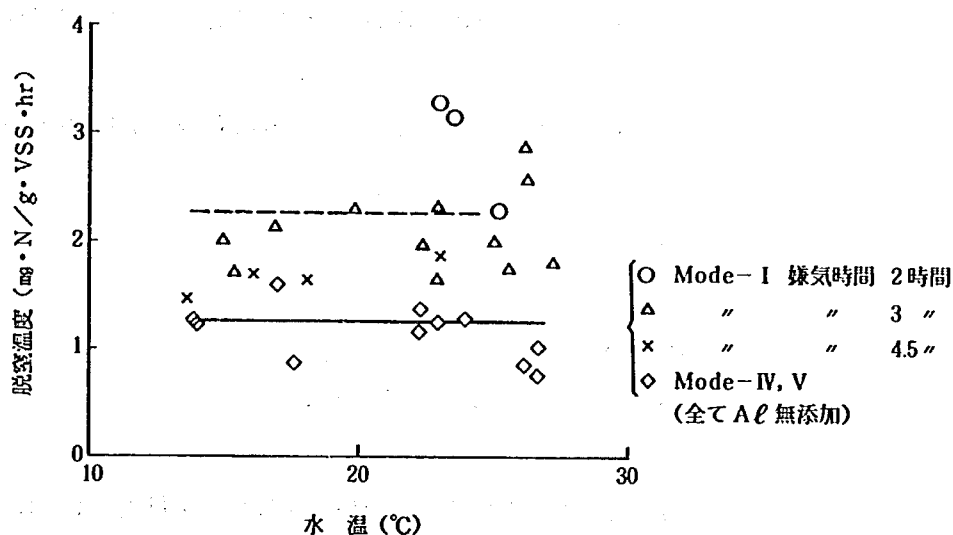


図-12 プラントの脱窒速度と水温の関係

F-3 攪拌方式

実験番号Na15~Na22において嫌気槽の攪拌方式の比較を行なった。その結果を表-9に示す。ほぼ同じ条件で運転した結果、流入水BODと窒素除去量の比を求めるといずれも機械攪拌の方が少し低くなっている。このことからエア-攪拌の方がやや不利であることが指摘できる。

表-9 攪拌方式の比較

	エアー攪拌			機械攪拌		
	Na 15	Na 16	Na 22	Na 17	Na 18	Na 21
水 温 (°C)	22.9	27.1	15.4	25.1	22.4	15.0
流入水BOD (A) (mg/l)	79	68	109	56	83	101
窒素除去量 (B) (mg/l)	13.5	10.8	16.6	11.9	14.2	17.4
脱 窒 量 (mg/l)	10.5	8.6	12.2	9.5	11.7	13.3
A / B	5.9	6.3	6.6	4.7	5.9	5.8

運転条件 : Mode - II AT-RT 8 hrs. 流量変動なし, 返送率 150%, 嫌:好=3:5

G. 処理水のBODに関する考察

本実験では積極的に硝化を進める運転をとっているため処理水に $\text{NH}_4\text{-N}$ が残留するとBODを高める危険性が予想された。また処理水のSSがかなり高いのでこれもBODを高める要因となる。そこで処理水のBOD, SS, $\text{NH}_4\text{-N}$ の関係をみるため, SSの値に基づいて4つのグループに分け各々についてBODと $\text{NH}_4\text{-N}$ の関係をプロットした結果を図-13に示す。SS<10mg/lの場合 $\text{NH}_4\text{-N}$ が4.5mg/l以下はBOD20mg/l以下となっている。SS>10mg/lでは $\text{NH}_4\text{-N}$ が0付近であってもBODが20mg/lを越すデータが現われてきており, SSが高くなるほどその頻度が上がっている。 $\text{NH}_4\text{-N}$ が高くなるとBODが高くなる傾向があり, 特にSSが10mg/l以上になるとBODに与える影響が大きくなる。

図-13から処理水BODを20mg/l以下にする条件を求めるとSSの多少により次のようにまとめることができる。

SS < 10 のとき $\text{NH}_4\text{-N} < 4$

10 ≤ SS < 20 のとき $\text{NH}_4\text{-N} < 2$

20 ≤ SS < 30 のとき $\text{NH}_4\text{-N} < 1$

30 ≤ SS のとき $\text{NH}_4\text{-N}$ だけでは決められない。

H. 汚泥発生量

本実験における汚泥発生量(余剰汚泥量+流出SS量)及び流入SS量を付表-6に示す。汚泥発生量に占める流出SS量の割合はかなり高く, 余剰引抜量の2倍以上になるケースもあった。発生汚泥量と流入SS量の比を求めると凝集剤無添加の場合0.30~1.30で1.0以下のものが多い。Mode - I及びMode - IIに比べるとMode - IV, Mode - Vの方がバラツキが少なく概ね1.0前後である。これらの結果から本実験では凝集剤無添加の場合の汚泥発生量としては概ね流入SS量を見こめばよいことが分かる。

凝集剤(Aℓ)を添加した場合は発生汚泥量と流入SS量の比は1.18~1.65であり無添加のものと比べてかなり高い。

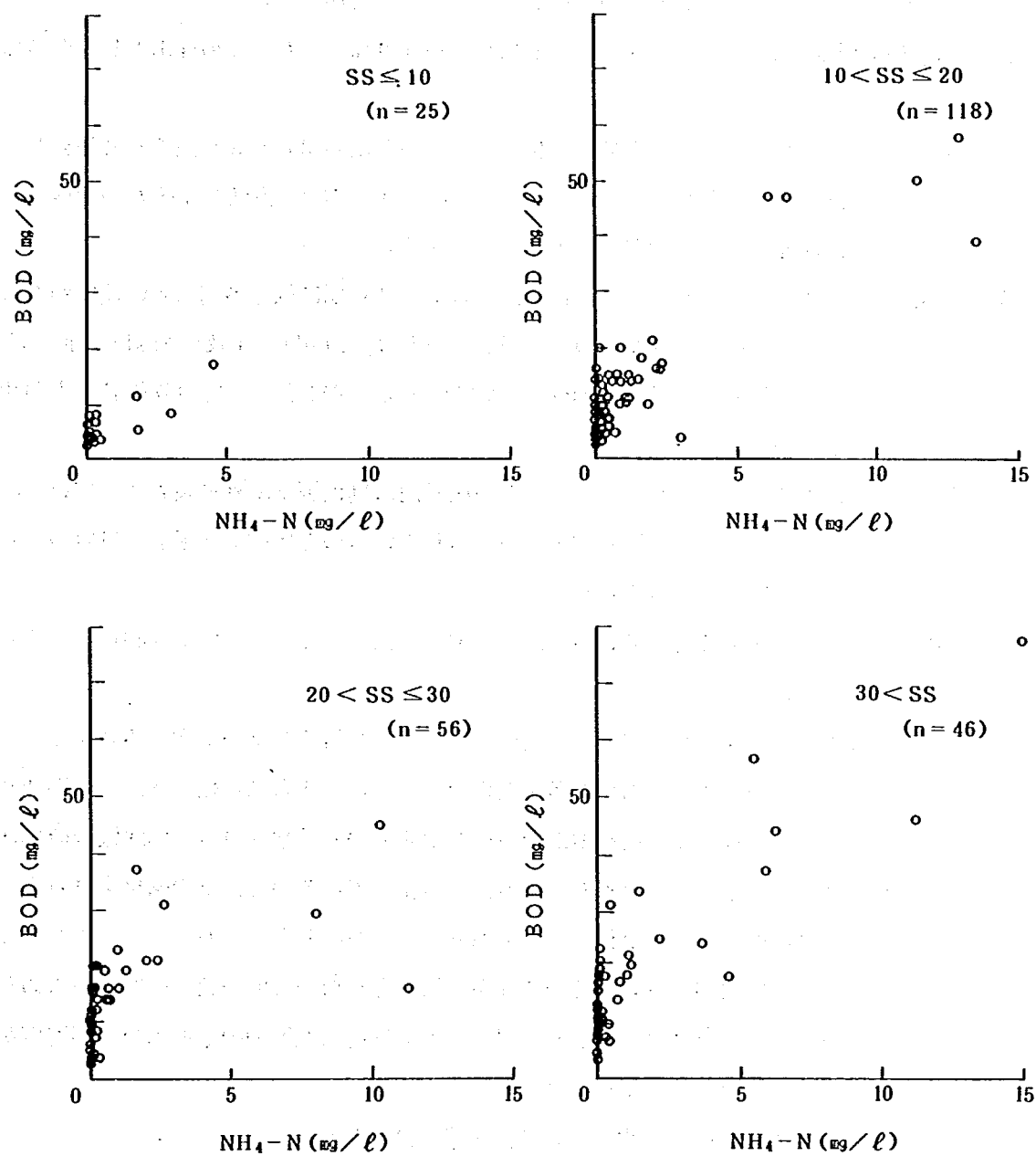


図-13 生物処理水のBODとNH₄-Nの関係

I. その他の特徴

本実験における水処理の特徴として嫌気槽におけるスカムの発生と処理水のSSが高いという2点をあげることができる。

嫌気槽のスカムは脱窒に伴って発生するもので、脱窒の目安とできる。しかしながらスカムは活性汚泥が供給源であり、極端な場合MLSSの維持が困難になることがあった。

処理水のSSは同時期の鳥羽処理場二次処理水と比べてかなり高かった。この理由として次の点が考えられる。

イ. MLSSが高い: パイロットプラントでは硝化脱窒を進めるためMLSSを高くして運転しており、沈殿池への負荷が高くなる。処理水に $\text{NO}_x\text{-N}$ が残留しているため沈殿池で脱窒が活発になると汚泥が浮上しやすくなる。

ロ. SVIが高い: パイロットプラントの活性汚泥のSVIは夏期に低く冬期に高い傾向がある。運転ModeによりSVIの値に多少差があり、Mode-I及びMode-IIでは75~345, Mode-IV及びMode-Vでは122~411となっており後者の方が沈殿性が悪い。

ハ. 沈殿池の立地条件が悪い: パイロットプラントの沈殿池は鋼板製で屋外に設置されている。実施設がコンクリート製で地中に設けられているのと比べると温度、日射の影響を受けやすいことが考えられる。

イ~ハの理由がどのような比重で効いているか、また他に理由があるかについては調査不足ゆえ結論を下すまでには至っていない。

沈殿池の形式が処理水質に及ぼす影響について興味深いデータが得られたので次に紹介する。本実験では沈殿池として矩形と円形のタイプのものを各1池使用している。1系列運転では同一の場合液を両池に供給しており、その処理水質の差は両沈殿池の特徴を示すものと予想される。両沈殿池の処理水を対象として測定したのは濁度(連続自動分析計による)と透視度であるので、その結果を付表2-1~付表2-9からとり出し再編集したものが付表-7である。これをみるとエアレーションタンクの水温が高いときには円形の方が良い傾向がみられるので水温と円形と矩形の濁度の比との関係を求めたのが図-14である。エアレーションタンクの水温が22~24℃以上では円形沈殿池の処理水の方が濁度が低くなっており、22℃以下では矩形の方が濁度が低い。

次に硝化脱窒に伴うアルカリ度の変化について、次式で計算した。

$$\Delta\text{Alk} = 7.14 \cdot \{ (\text{K-N})_{\text{in}} - (\text{K-N})_{\text{out}} - \text{余剰引抜のN} \} - 3.57 \text{ (脱窒されたN)}$$

..... 式-5

ここで、 ΔAlk : アルカリ度の減少量 (mg/l)

式-5による計算値と実測値との関係を図-15に示す。計算値と実測値はほぼ一致しており、式-5によるアルカリ度の変化を計算できるものと推定される。

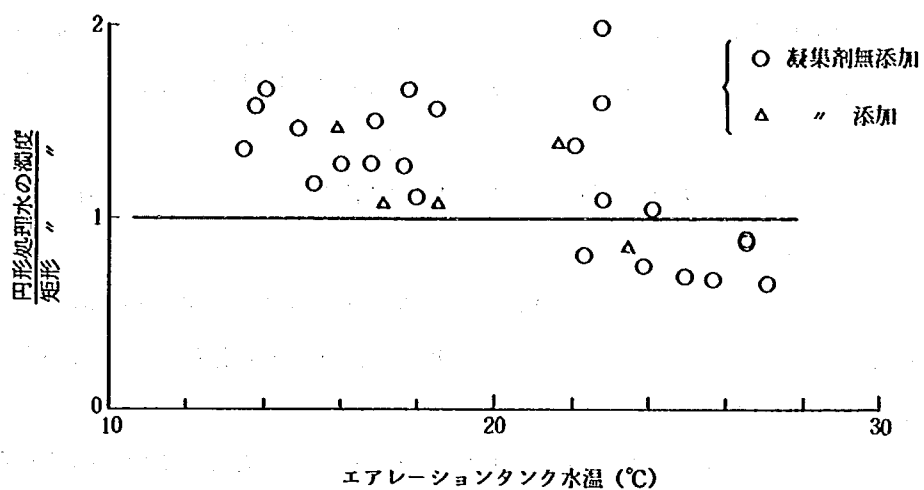


図-14 エアレーションタンク水温と両沈殿池処理水の濁度の比

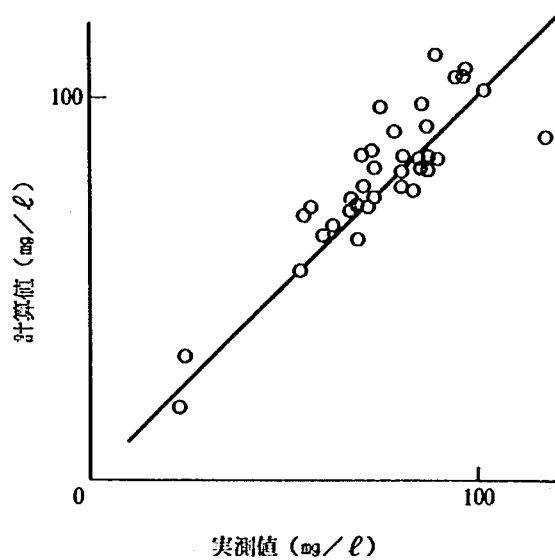


図-15 アルカリ度減少量の実測値と計算値

3.2 急速濾過

急速濾過に関する水質分析結果を付表-8に示す。急速濾過への流入水（つまり生物処理水）はSSが9.9~56mg/ℓであるが、処理水では0.5~3.1mg/ℓときわめて良く除去されており、除去率は79~99%となっている。

BODでは流入水の5.0~57mg/ℓが濾過後に1.1~4.8mg/ℓとなっている。除去率では60~92%で、流入水のSSの高い程除去率が高い傾向がある。

COD、T-N、T-Pの除去率はSS、BODに比べるとかなり低い。T-Nについては除去量で0.4~3.1mg/ℓであり、除去SS当りの比で示すと概ね4~8%でありSSが極端に高くない限り濾過による窒素除去効果は期待できない。

以上のように急速濾過は硝化脱窒処理水のSSとBODを効率的に除去し、これらの値を安定化させるためのプロセスとして位置付けることができる。

濾過後のBODに影響を及ぼすと考えられる項目として $\text{NH}_4\text{-N}$ をとり上げ、BODとの相関を求めたものが図-16である。 $\text{NH}_4\text{-N}$ が低いほどBODが低くなる傾向がある。ただし $\text{NH}_4\text{-N}$ が0付近であってもBODが5mg/ℓ近いものもある。図-16から $\text{NH}_4\text{-N} < 5 \text{ mg/ℓ}$ であれば $\text{BOD} < 5 \text{ mg/ℓ}$ となるものと推定される。

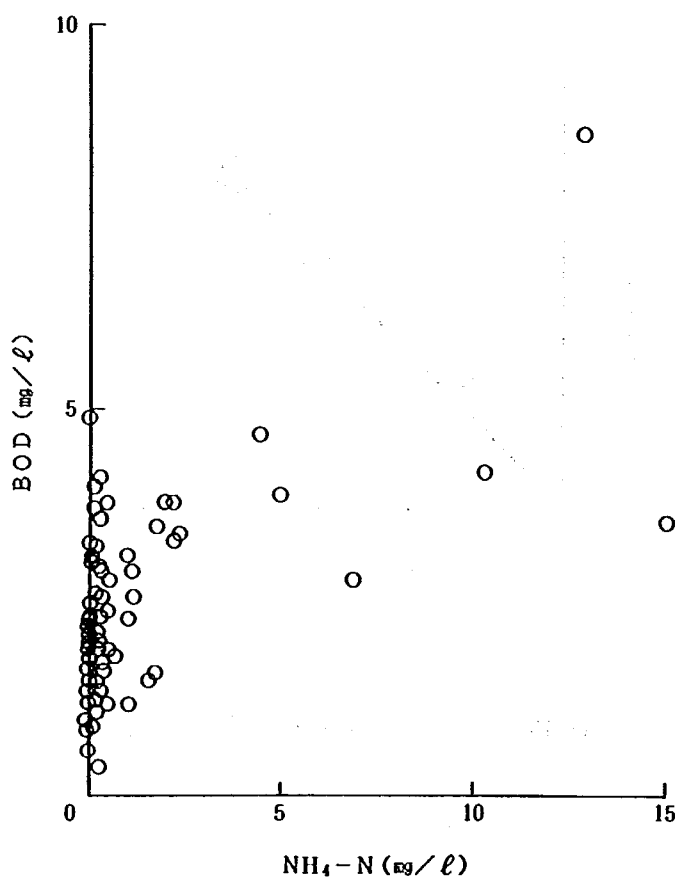


図-16 濾過処理水のBODと $\text{NH}_4\text{-N}$ の関係
(SSは0.2~4.1mg/ℓ)

3.3 汚泥濃縮

汚泥濃縮槽の運転結果を付表－9に示す。

余剰汚泥単独で滞留時間 24 時間という条件で運転した。凝集剤無添加の場合、SS が 0.38～0.82 % の汚泥が濃縮後 1.23～2.10 % となっており、濃縮倍率でみると 2.0～3.2 という結果が得られている。凝集剤として Aℓ を添加した場合は投入汚泥の SS が無添加の場合よりやや高く、濃縮汚泥の SS も高いが濃縮倍率では少し小さくなる。

分離水の水質は SS, K-N, T-P が各々 81～152, 9.38～16.2, 4.98～27.6mg/ℓ となっている。K-N に占める溶解性成分の割合は 25～88 % で平均すると 44 % である。T-P では溶解性成分の割合は凝集剤無添加の場合 62～80 %, 平均 71 % で K-N に比べると高く、かつバラツキが少ない。凝集剤添加の場合は Na₂6 を除くと 7.7～19 % でかなり低い。

分離水の負荷の大きさを表わすため分母にエアレーションタンク流入水の負荷をおき、比の値を求めたのが表－10である。凝集剤無添加の場合は SS, K-N, T-P で各々 0.67～1.5, 0.23～0.44, 1.2～5.6 % となっており、T-P の影響が高いことが分かる。凝集剤を添加した場合には SS と K-N の値はほとんど変わらないが T-P が 0.25～1.4 % とかなり低くなっており、凝集剤の添加が濃縮槽からのリンの戻りを抑制していることが分かる。

表－10 汚泥濃縮分離水の負荷とエアレーションタンク流入水の負荷の比

(%)

実験番号	SS	K-N	T-P	実験番号	SS	K-N	T-P
37	0.80	0.28	1.2	26	0.16	0.22	0.25
38	0.67	0.23	1.5	27	0.84	0.26	0.52
39	1.2	0.41	2.9	33	1.2	0.30	0.79
40	0.76	0.27	2.3	34	1.5	0.33	1.2
41	1.5	0.44	5.6	35	1.4	0.41	1.4
42	1.0	0.42	3.5	注：実験番号 26, 27, 33～35 は生物処理で凝集剤添加			
43	0.98	0.31	2.1				
44	1.2	0.32	2.3				
45	1.2	0.31	1.5				

4. ま と め

京都市鳥羽下水処理場の初沈流出水を原水として実施した実験から次の結果が得られた。

- a. Mode - I ~ V の各方式により 60% 前後の窒素除去率を得ることができた。
- b. 窒素除去の芳しくなかったケースの解析からその原因の半分以上が硝化不足にあることが分かった。
他の原因としては MLSS 不足、嫌気時間の不足等があげられた。
- c. 硝化が順調に進んでいるときの活性汚泥の硝化速度 (K_N) は次式で表わすことができる。

$$K_N = 0.867 \cdot \exp(0.0714 \cdot T) \quad T \text{ は水温 } (^{\circ}\text{C}) \text{ で } 13 \sim 25^{\circ}\text{C}$$

$$K_N : \text{mg} \cdot \text{N} / \text{g} \cdot \text{vss} \cdot \text{hr}$$

- d. 硝化状況の指標として DO (溶存酸素濃度) を用いることはできない。硝化を安定して進めるための必要条件としてエアレーションタンク末端の DO を飽和度で 10% 以上に保つことが望ましい。
- e. 低水温期に硝化を安定して進めるためには一定値以上の SRT (汚泥滞留時間) が必要である。本実験では Mode - I, II では水温 14°C の時に必要とされる SRT は 10 日以上と推定された。
- f. Mode - I, II, IV, V で硝化脱窒が良好な時のデータから窒素除去量と流入水 BOD 量の関係が求めたところ両者には高い相関があり、後者が概ね前者の 6 倍であることが分かった。また窒素除去量の約 80% が脱窒によるものであり、残り 20% が余剰汚泥の引抜きによるものであった。
- g. パイロットプラントとしての脱窒速度 ($K_D : \text{mg} \cdot \text{N} / \text{g} \cdot \text{vss} \cdot \text{hr}$) は水温が $15 \sim 26^{\circ}\text{C}$ ではほとんど水温と関係なく一定の値であった。この値は運転 Mode により異なっており、Mode - I, II では 2.3, Mode - IV, V では 1.3 であった。
- h. 凝集剤としての Al の添加は硝化には悪影響を与えたが、窒素除去にはあまり影響はなかった。
- i. 硝化脱窒に伴うアルカリ度の収支は式 - 5 で予測できる。
- j. 処理水に SS や $\text{NH}_4\text{-N}$ が残留すると BOD が高くなりやすい。
- k. 余剰汚泥の発生量は概ね流入 SS 量に等しかった。
- l. 生物処理の後段に急速濾過を設けることにより BOD と SS が良好に除去された。但し窒素の除去の面ではほとんど効果がない。
- m. 生物処理の余剰汚泥を重力濃縮した結果、SS で 1.23 ~ 2.10% の汚泥が得られた。

附表・付図

付表1-1 生物処理実験条件

実験番号	1	2	3	4	5	6
期 間	54. 5. 14 - 6. 16	54. 7. 10 - 8. 07	54. 8. 24 - 9. 13	54. 9. 14 - 10. 25	54. 11. 01 - 12. 19	55. 1. 11 - 3. 10
流入水量 m ³ /d	400	400	600	600	600	600
流量変動の有無	無	無	無	無	無	無
滞留時間 AT hr	12	12	8	8	8	8
FS hr	6	6	4	4	4	4
返送率 %	50	50	50	50	50	50
循環率 %	100	100	100	200	200	200
嫌気槽	№ 1 - 3	№ 1 - 2	№ 1 - 3	№ 1 - 3	№ 1 - 3	№ 1 - 3
好気槽	№ 4 - 8	№ 3 - 8	№ 4 - 8	№ 4 - 8	№ 4 - 8	№ 4 - 8
攪拌方法	機械	機械	機械	機械	機械	機械
水温 AT 平均	23.0	26.1	26.2	25.0	19.9	15.0
範囲	18.7 - 25.0	24.3 - 27.8	25.3 - 27.6	22.0 - 26.3	17.7 - 23.0	12.2 - 16.9
MLSS mg/ℓ	2155	1250	2173	3223	2709	3323
MLのVS比 %	63	64	61	63	68	69
RSSS mg/ℓ	7148	3763	6696	10154	8558	10503
MLSV30 %	25	11	20	37	55	85
MLのSVI	120	94	101	122	199	262
pH AT	7.0	7.3	7.0	6.8	6.8	6.6
余剰汚泥量 m ³ /d	2.2	0.62	0.72	1.9	4.2	4.9
SRT d	17	35	43	18	11	10
BOD・SS負荷	0.086	0.11	0.087	0.075	0.11	0.12
そ の 他						

注：水温とSV30はAT（エアレーションタンク）の最終槽の値，pHのATの最終槽の1つ前の槽の値

付表1-2 生物処理実験条件

実験番号	7	8	9	10	11	12
期 間	55. 3. 11 - 4. 18	55. 6. 04 - 7. 25	55. 7. 26 - 9. 11	55. 9. 26 - 10. 23	55. 11. 05 - 12. 20	56. 1. 07 - 3. 11
流入水量 m ³ /d	600	600	600	600	400	400
流量変動の有無	無	無	無	無	有	有
滞留時間 AT hr	8	8	8	8	12	12
FS hr	4	4	4	4	6	6
返送率 %	50	50	50	50	50	50
循環率 %	200	0	0	200	200	200
嫌気槽	№ 1 - 3	№ 2, 4, 6	№ 1, 4, 6	№ 1 - 3	№ 1 - 3	№ 1 - 3
好気槽	№ 4 - 8	1, 3, 5, 7, 8	2, 3, 5, 7, 8	№ 4 - 8	№ 4 - 8	№ 4 - 8
攪拌方法	機械	機械	機械	機械	機械	機械
水温 AT 平均	16.9	24.2	25.0	22.9	18.1	13.6
範囲	13.7 - 19.6	21.7 - 26.6	23.1 - 27.0	21.7 - 23.9	13.2 - 20.6	11.8 - 15.0
MLSS mg/ℓ	3206	2039	1981	2396	2670	2743
MLのVS比 %	65	67	67	71	70	72
RSSS mg/ℓ	10419	6666	6204	8554	8746	7727
MLSV30 %	84	26	23	32	59	81
MLのSVI	263	130	118	134	221	306
pH AT	6.4	6.6	6.6	6.6	6.8	6.8
余剰汚泥量 m ³ /d	5.6	2.5	1.8	1.3	2.2	3.3
SRT d	8.9	20	15	19	21	16
BOD・SS負荷	0.1	0.068	0.067	0.088	0.071	0.088
そ の 他		原水は嫌気槽に流入		原水と循環水は№ 2 に流入		

注：水温とSV30はAT（エアレーションタンク）の最終槽の値，pHのATの最終槽の1つ前の槽の値

付表 1-3 生物処理実験条件

実験番号	13	14	15	16	17	18
期 間	56. 3. 12 - 3. 31	56. 4. 01 - 5. 08	56. 5. 25 - 7. 07	56. 7. 08 - 8. 28	56. 8. 31 - 9. 24	56. 9. 25 - 10. 29
流入水量 ml/d	400	400	600	600	600	600
流量変動の有無	有	有	無	無	無	無
滞留時間 AT hr	12	12	8	8	8	8
FS hr	6	6	4	4	4	4
返送率 %	50	50	150	150	150	150
循環率 %	200	0	0	0	0	0
嫌気槽	Na 1-3	Na 1-3	Na 1-3	Na 1-3	Na 1-3	Na 1-3
好気槽	Na 4-8	Na 4-8	Na 4-8	Na 4-8	Na 4-8	Na 4-8
攪拌方法	機 械	空 気	空 気	空 気	機 械	機 械
水温 AT 平均	16.1	17.8	22.9	27.1	25.7	22.4
範囲	15.0-17.0	15.0-20.4	19.5-24.8	25.5-28.8	24.0-28.0	20.5-24.7
MLSS mg/l	2316	2261	3215	2858	3101	3306
MLのVS比 %	74	70	66	56	58	60
RSSS mg/l	5932	7334	5445	4715	5816	5729
MLSV30 %	79	78	61	21	28	35
MLのSVI	281	345	195	75	92	100
pH AT	6.8	6.5	6.8	6.8	6.6	6.6
余剰汚泥量 ml/d	3.5	3.2	5.6	5.9	5.1	5.1
SRT d	17	13	15	15	16	15
BOD・SS負荷	0.088	0.099	0.074	0.071	0.054	0.075
その他	循環水はNa 2へ					

注：水温とSV30はAT（エアレーションタンク）の最終槽の値、pHのATの最終槽の1つ前の槽の値

付表 1-4 生物処理実験条件

実験番号	19	20	21	22	23 (A)	24 (A)
期 間	56. 11. 02 - 11. 26	56. 12. 01 - 12. 24	57. 1. 06 - 2. 25	57. 2. 26 - 3. 24	57. 5. 11 - 6. 07	57. 6. 25 - 7. 24
流入水量 ml/d	600	400	600	600	300	300
流量変動の有無	無	無	無	無	無	無
滞留時間 AT hr	8	12	8	8	8	8
FS hr	4	6	4	4	4	4
返送率 %	150	150	150	150	150	50
循環率 %	0	0	0	0	0	100
嫌気槽	Na 1-3	Na 1, 2	Na 1-3	Na 1-3	Na 1	Na 1
好気槽	Na 4-8	Na 3-8	Na 4-8	Na 4-8	Na 2-4	Na 2-4
攪拌方法	機 械	機 械	機 械	空 気	機 械	機 械
水温 AT 平均	18.6	16.0	15.0	15.4	23.0	25.1
範囲	15.5-20.6	14.5-17.0	13.1-16.3	12.5-18.4	19.8-25.0	23.5-26.6
MLSS mg/l	3990	4325	3067	3188	2710	2218
MLのVS比 %	62	63	73	74	69	68
RSSS mg/l	6278	7068	5406	5505	4165	6479
MLSV30 %	55	64	49	77	52	24
MLのSVI	135	143	160	256	195	108
pH AT	6.7	6.7	6.6	6.5	7.0	6.7
余剰汚泥量 ml/d	5.7	4.9	6.6	6.8	3.6	1.5
SRT d	13	17	12	12	12	10
BOD・SS負荷	0.05	0.038	0.099	0.1	0.079	0.072
その他	ALを4mg/l添加 同 左					

注：水温とSV30はAT（エアレーションタンク）の最終槽の値、pHのAT最終槽の1つ前の槽の値

付表1-5 生物処理実験条件

実験番号	25 (A)	26 (A)	27 (A)	28 (B)	29 (B)	30 (B)
期 間	57. 7. 26 - 8. 26	57. 8. 28 - 9. 23	57. 11. 19 - 12. 25	57. 5. 11 - 6. 22	57. 6. 24 - 7. 24	57. 7. 26 - 9. 09
流入水量 m ³ /d	300	300	300	300	300	200
流量変動の有無	無	無	有	無	無	無
滞留時間 A T hr	8	8	8	8	8	12
F S hr	4	4	4	4	4	6
返 送 率 %	50	50	50	150	50	50
循 環 率 %	100	100	100	0	0	0
嫌 気 槽	Na 1	Na 1	Na 1	Na 1	Na 2, 3	Na 2, 3
好 気 槽	Na 2 - 4	Na 2 - 4	Na 2 - 4	Na 2 - 4	Na 1, 4	Na 1, 4
攪 拌 方 法	機 械	機 械	機 械	機 械	機 械	機 械
水温 A T 平均	25. 9	25. 7	17. 4	23. 5	25. 0	26. 1
範囲	24. 5 - 27. 0	24. 0 - 27. 7	15. 0 - 20. 6	19. 8 - 25. 3	23. 5 - 26. 8	24. 5 - 27. 6
MLSS mg/ℓ	1960	2914	2507	2365	2524	2048
MLのVS比 %	61	62	70	71	70	65
RSSS mg/ℓ	5633	7119	7595	3978	8530	6458
MLSV30 %	19	27	24	40	48	27
MLのSVI	94	91	97	167	222	122
pH A T	6. 8	6. 2	6. 4	7. 0	6. 9	6. 8
余剰汚泥量 m ³ /d	1. 2	1. 4	3. 0	3. 6	1. 4	0. 8
SRT d	8. 3	15	8. 8	9. 8	13	21
BOD・SS負荷	0. 084	0. 06	0. 1	0. 093	0. 063	0. 057
その他	AL 2mg/ℓ添加	AL 4mg/ℓ添加	同 左			

注：水温とSV30はA T（エアレーションタンク）の最終槽の値、pHはA Tの最終槽の1つ前の値

付表1-6 生物処理実験条件

実験番号	31 (B)	32 (B)	33	34	35	36
期 間	57. 10. 02 - 11. 12	57. 11. 24 - 12. 24	58. 3. 11 - 4. 23	58. 4. 30 - 5. 27	58. 6. 04 - 7. 06	58. 7. 15 - 8. 22
流入水量 m ³ /d	200	300	400	600	600	400
流量変動の有無	無	有	有	有	有	無
滞留時間 A T hr	12	8	12	8	8	12
F S hr	6	4	6	4	4	6
返 送 率 %	50	50	50	50	50	50
循 環 率 %	0	0	100	100	100	0
嫌 気 槽	Na 2, 3	Na 2, 3	Na 1 - 3	Na 1 - 3	Na 1 - 3	Na 4 - 7
好 気 槽	Na 1, 4	Na 1, 4	Na 4 - 8	Na 4 - 8	Na 4 - 8	Na 1 - 3, 8
攪 拌 方 法	機 械	機 械	機 械	機 械	機 械	機 械
水温 A T 平均	22. 3	17. 4	17. 2	21. 7	23. 5	26. 6
範囲	20. 0 - 24. 2	15. 5 - 19. 1	13. 1 - 20. 5	20. 0 - 22. 8	21. 2 - 25. 0	24. 8 - 28. 7
MLSS mg/ℓ	2077	1742	3235	3713	3800	2242
MLのVS比 %	72	81	70	68	66	71
RSSS mg/ℓ	7472	5324	11554	11753	10766	7398
MLSV30 %	31	44	42	45	69	35
MLのSVI	145	227	120	108	180	160
pH A T	6. 7	6. 9	6. 6	6. 7	6. 8	6. 8
余剰汚泥量 m ³ /d	0. 8	2. 0	2. 5	2. 5	3. 9	0
SRT d	21	9. 9	17	19	14	56
BOD・SS負荷	0. 073	0. 15	0. 061	0. 058	0. 052	0. 044
その他			AL 4mg/ℓ添加	同 左	AL 4mg/ℓ(PAC)	

注：水温とSV30はA T（エアレーションタンク）の最終槽の値、pHはA Tの最終槽の1つ前の槽の値

付表1-7 生物処理実験条件

実験番号	37	38	39	40	41	42
期 間	58. 8. 23 - 11. 17	58. 11. 25 - 12. 26	59. 1. 07 - 3. 26	59. 3. 27 - 5. 07	59. 5. 08 - 7. 03	59. 7. 04 - 9. 22
流入水量 m^3/d	400	400	400	400	400	400
流入変動の有無	無	無	無	無	無	無
滞留時間AT hr	12	12	12	12	12	12
FS hr	6	6	6	6	6	6
返送率 %	50	50	50	50	50	50
循環率 %	0	0	0	0	0	0
嫌気槽	No 4 - 7	No 1, 5 - 7	No 1, 5 - 7	No 1, 5 - 7	No 1, 5 - 7	No 1, 5 - 7
好気槽	No 1 - 3, 8	No 2 - 4, 8	No 2 - 4, 8	No 2 - 4, 8	No 2 - 4, 8	No 2 - 4, 8
攪拌方法	機 械	機 械	機 械	機 械	機 械	機 械
水温 AT 平均	23. 9	17. 0	13. 9	17. 9	22. 9	26. 6
範囲	19. 8 - 28. 6	14. 7 - 18. 8	10. 6 - 15. 7	15. 6 - 20. 7	20. 2 - 25. 0	24. 3 - 28. 6
MLSS mg/ℓ	1601	1910	2262	1780	1943	1200
MLのVS比 %	74	79	81	80	79	75
RSSS mg/ℓ	6223	7278	7630	6708	6897	3907
MLSV30 %	26	49	91	74	68	23
MLのSVI	154	218	403	400	345	185
pH AT	6. 8	6. 8	6. 9	6. 9	6. 9	6. 9
余剰汚泥量 m^3/d	2. 1	2. 3	3. 4	3. 4	3. 1	3. 0
SRT d	16	16	14	13	15	14
BOD・SS負荷	0. 087	0. 11	0. 085	0. 12	0. 096	0. 097
その他						

注：水温とSV30はAT（エアレーションタンク）の最終槽の値、pHはATの最終槽の1つ前の槽の値

付表1-8 生物処理実験条件

実験番号	43	44	45
期 間	59. 9. 25 - 11. 21	59. 11. 22 - 12. 25	60. 1. 10 - 3. 13
流入水量 m^3/d	400	400	400
流量変動の有無	無	無	無
滞留時間AT hr	12	12	12
FS hr	6	6	6
返送率 %	50	50	50
循環率 %	0	0	0
嫌気槽	No 1, 5 - 7	No 1, 5 - 7	No 1, 5 - 7
好気槽	No 2 - 4, 8	No 2 - 4, 8	No 2 - 4, 8
攪拌方法	機 械	機 械	機 械
水温 AT 平均	22. 2	17. 6	14. 1
範囲	20. 0 - 25. 4	13. 4 - 19. 9	12. 4 - 15. 8
MLSS mg/ℓ	1474	2298	1856
MLのVS比 %	78	76	78
RSSS mg/ℓ	5459	7975	6121
MLSV30 %	28	73	81
MLのSVI	179	321	411
pH AT	6. 8	6. 7	6. 6
余剰汚泥量 m^3/d	3. 1	3. 3	4. 5
SRT d	14	15	11
BOD・SS負荷	0. 12	0. 078	0. 11
その他			

注：水温とSV30はAT（エアレーションタンク）の最終槽の値、pHはATの最終槽の1つ前の槽の値

付表 2-1 生物処理水質分析結果

単位: 水温 °C, 透視度 cm, 濁度以下 mg/ℓ

実験番号	1		2		3		4		5	
サンプル名	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水
流入水温 平均 範囲	22.9 21.5-23.9		24.5 23.2-25.9		25.5 24.8-26.6		23.7 20.3-25.2		20.4 17.7-23.0	
透視度 円形池		29		52		56		34		26
矩形池		31		52		55		43		38
濁度 円形池										
矩形池										
BOD	93	8.8	66	5.5	63	13	81	13	96	12
ATU-BOD		6.9		4.3		5.2		8.1		9.0
COD	76	22	55	16	50	19	59	19	75	21
COD-D	48	15	35	13	32	13	35	12	51	15
SS	79	25	49	12	56	8.7	52	29	82	19
アルカリ度	170	52	122	48	140	68	142	57	156	68
T-N	23.5	9.59	17.5	10.2	19.6	8.95	22.9	8.97	24.3	7.66
K-N	23.5	2.81	17.5	2.14	19.6	3.98	22.9	3.05	24.3	2.73
K-N-D										
NH ₄ -N	18.1	0.06	12.8	0.10	14.7	1.82	15.7	0.07	16.8	0.10
NO ₃ -N		6.78		8.07		4.97		5.92		4.93
T-P	3.04	2.16	2.52	1.61	2.66	1.67	3.04	2.20	3.29	2.10
T-P-D		1.70		1.42		1.31		1.64		1.69

付表 2-2 生物処理水質分析結果

単位: 水温 °C, 透視度 cm, 濁度以下 mg/ℓ

実験番号	6		7		8		9		10	
サンプル名	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水
流入水温 平均 範囲	15.8 11.5-17.6		17.2 12.6-19.6		23.1 21.5-24.9		24.0 22.4-25.5		22.4 21.0-23.2	
透視度 円形池		18		15		23		30		26
矩形池		19		20		23		25		31
円形池			123	18	72	8.6	61	8.3	72	11
矩形池				14		8.2		12		10
BOD	130	28	111	16	70	6.7	61	11	81	6.9
ATU-BOD		14		11		6.0		8.0		6.3
COD	93	28	85	24	56	18	44	22	50	14
COD-D	46	20	44	17	31	10	24	7.9	28	8.8
SS	132	25	132	23	81	24	58	51	65	23
アルカリ度	147	76	141	55	107	49	107	46	132	59
T-N	32.0	12.9	30.3	10.7	19.4	6.91	16.4	9.96	21.5	8.49
K-N	32.0	8.46	30.3	3.63	19.4	2.34	16.4	3.56	21.5	2.35
K-N-D						1.20		0.96		0.96
NH ₄ -N	20.8	3.71	20.2	0.66	12.7	0.05	10.8	0.09	15.0	0.04
NO ₃ -N		4.48		7.08		4.57		6.40		6.14
T-P	4.43	2.31	4.19	2.17	2.86	1.94	2.17	2.21	2.84	1.88
T-P-D		1.67		1.61		1.56		1.36		1.46

付表2-3 生物処理水質分析結果

単位：水温 °C, 透視度 cm, 濁度以下 mg/ℓ

実験番号	11		12		13		14		15	
サンプル名	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水
流入水温 平均	19.0		15.4		17.1		17.9		22.2	
範囲	16.6-21.2		10.0-17.5		15.4-18.1		12.1-20.0		19.0-23.7	
透視度 円形池		28		15		18		21		18
矩形池		28		17		20		25		31
濁度 円形池	105	10	102	15	90	12	88	10	101	14
矩形池		9.1		11		9.4		7.9		8.8
BOD	95	7.7	121	12	102	5.7	112	11	79	6.0
ATU-BOD		6.4		9.8		4.4		8.0		3.6
COD	66	15	73	19			67	17	54	14
COD-D	40	10	41	12			29	11	27	8.4
SS	89	17	111	22	63	17	109	26	111	19
アルカリ度	136	61	143	46	137	50	124	34	129	50
T-N	25.8	8.89	28.6	11.1	25.3	8.69	27.0	13.5	22.9	9.39
K-N	25.8	2.22	28.6	2.57	25.3	2.34	27.0	2.74	22.9	1.76
K-N-D		1.37		1.60		1.61		1.38		0.90
NH ₄ -N	17.7	0.07	18.5	0.09	17.3	0.08	17.2	0.09	15.6	0.08
NO ₁ -N		6.67		8.54		6.35		10.8		7.63
T-P	3.24	1.92	3.64	2.05	2.58	2.03	4.15	2.38	3.50	2.34
T-P-D		1.50		1.62		1.78		1.95		1.97

付表2-4 生物処理水質分析結果

単位：水温 °C, 透視度 cm, 濁度以下 mg/ℓ

実験番号	16		17		18		19		20	
サンプル名	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水
流入水温 平均	25.5		24.8		22.0		19.4		17.8	
範囲	23.8-26.4		23.5-26.8		17.9-24.0		16.5-20.6		15.6-18.8	
透視度 円形池		32		25		25		17		21
矩形池		28		19		22		19		25
濁度 円形池	90	6.6	87	9.4	86	9.7	86	15	92	11
矩形池		10		14		12		14		7.5
BOD	68	5.3	56	3.6	83	7.8	66	20	83	18
ATU-BOD		3.1		2.6		4.9		11		7.0
COD	46	12	43	12	56	15	55	22	61	17
COD-D	25	7.9	28	8.0	30	9.3	33	7.8	39	7.9
SS	75	17	55	15	87	23	71	45	77	37
アルカリ度	108	52	117	48	125	54	139	44	152	43
T-N	18.2	7.38	18.9	7.03	22.5	8.32	22.2	12.0	25.1	11.4
K-N	18.2	1.92	18.9	1.70	22.5	2.31	22.2	5.57	25.1	4.36
K-N-D		1.27		1.27		1.45		3.62		3.14
NH ₄ -N	12.4	0.15	11.6	0.14	14.4	0.25	13.7	2.44	17.5	2.10
NO ₁ -N		5.46		5.33		6.01		6.39		6.99
T-P	2.59	1.89	2.42	1.54	3.25	1.88	2.74	1.20	3.31	1.30
T-P-D		1.65		1.32		1.48		0.40		0.22

付表 2-5 生物処理水質分析結果

単位：水温 °C, 透視度 cm, 濁度以下 mg/ℓ

実験番号	21		22		23 (A)		24 (A)		25 (A)	
サンプル名	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水
流入水温 平均	16.0		16.3		21.9		24.0		24.2	
範囲	12.2-17.5		11.4-19.3		18.7-23.4		22.8-24.9		23.3-24.9	
透視度 円形池		17		18						
円形池		21		20		28		17		17
円形池	93	14	104	13						
円形池		9.5		11	88	7.4	79	16	65	17
BOD	101	19	109	18	71	8.0	53	9.4	55	10
ATU-BOD		9.5		8.0		4.1		5.5		6.3
COD	68	21	84	21	55	20	52	19	42	23
COD-D	39	10	43	12	34	8.0	30	9.6	23	5.8
SS	82	28	104	27	62	27	60	40	57	56
アルカリ度	147	52	142	46	136	46	118	48	104	29
T-N	28.8	11.4	29.0	12.4	23.4	8.0	17.3	8.5	15.0	9.4
K-N	28.8	3.37	29.0	3.80	23.4	2.43	17.3	3.05	15.0	2.82
K-N-D		2.12		1.78		0.99		1.09		0.62
NH ₄ -N	20.2	0.56	19.7	0.63	16.5	0.1	14.0	0.0	10.1	0.0
NO ₃ -N		7.98		8.64		5.6		5.4		6.6
T-P	3.32	2.28	4.19	2.64	3.23	2.58	2.57	2.49	2.07	1.43
T-P-D		1.32		2.00						

付表 2-6 生物処理水質分析結果

単位：水温 °C, 透視度 cm, 濁度以下 mg/ℓ

実験番号	26 (A)		27 (A)		28 (B)		29 (B)		30 (B)	
サンプル名	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水
流入水温 平均	24.4		18.9		22.4		24.0		24.4	
範囲	23.2-25.4		17.3-21.7		18.7-24.0		22.8-24.9		23.3-25.4	
透視度 円形池						27		27		34
矩形池		19		20						
濁度 円形池					85	9.0	80	7.3	66	7.0
矩形池	77	15	77	12						
BOD	58	8.2	87	12	73	21	53	38	58	3.9
ATU-BOD		4.6		5.1		11		7.5		3.1
COD	45	18	62	17	57	24	52	19	44	12
COD-D	28	6.9	39	9.5	36	9.5	30	10	25	6.4
SS	56	33	61	19	65	33	60	26	60	22
アルカリ度	123	42	132	33	138	54	118	94	109	41
T-N	17.7	7.4	25.0	8.8	23.2	9.6	17.3	12.2	16.2	8.1
K-N	17.7	2.47	25.0	3.28	23.2	4.18	17.3	10.6	16.2	1.57
K-N-D		1.09		1.97		2.14		8.88		0.71
NH ₄ -N	13.2	0.2	16.9	0.8	16.3	1.3	14.0	8.3	11.0	0.0
NO ₃ -N		4.9		5.5		5.4		1.6		6.5
T-P	2.67	1.45	3.01	0.65	3.17	2.38	2.57	2.20	2.30	1.75
T-P-D										

付表2-7 生物処理水質分析結果

単位：水温℃，透視度cm，濁度以下mg/ℓ

実験番号	31 (B)		32 (B)		33		34		35	
サンプル名	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水
流入水温 平均	22.3		18.6		17.7		21.0		22.7	
範囲	20.5-23.6		17.3-20.0		11.6-20.3		18.6-22.2		20.9-23.8	
透視度 円形池		27		19		17		24		24
矩形池						16		23		23
濁度 円形池	76	7.4	77	9.9	76	15	69	11	60	5.7
矩形池						14		7.9		6.7
BOD	76	11	88	56	95	11	72	4.5	66	4.7
ATU-BOD		3.4		11		5.2		3.2		3.1
COD	55	15	63	20	66	17	57	13	53	13
COD-D	34	8.1	39	14	50	9.8	39	9.7	31	7.0
SS	61	19	62	23	64	24	49	15	55	21
アルカリ度	126	58	133	108	134	34	132	40	121	40
T-N	21.1	6.9	24.8	14.7	23.3	10.7	20.3	8.2	17.2	7.7
K-N	21.1	2.71	24.8	13.7	23.3	3.35	20.3	1.89	17.2	1.81
K-N-D		1.40		11.7		2.15		1.01		0.78
NH ₄ -N	15.0	0.5	16.8	11.4	17.0	1.0	15.3	0.0	12.8	0.0
NO ₁ -N		4.2		1.0		7.3		6.3		5.9
T-P	3.12	2.24	3.00	1.94	3.15	0.78	2.36	0.46	2.43	0.67
T-P-D						0.09		0.08		0.14

付表2-8 生物処理水質分析結果

単位：水温℃，透視度cm，濁度以下mg/ℓ

実験番号	36		37		38		39		40	
サンプル名	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水
流入水温 平均	25.0		23.0		18.2		15.1		18.2	
範囲	23.8-26.3		18.6-26.6		16.4-19.2		10.3-16.8		16.3-20.5	
透視度 円形池		20		24		15		13		16
矩形池		21		21		18		16		21
濁度 円形池	51	8.9	56	6.8	74	11	75	13	76	10
矩形池		9.9		9.1		7.3		8.2		6.0
BOD	49	6.1	70	8.6	101	8.3	96	11	106	16
ATU-BOD		2.8		4.6		5.9		5.5		5.9
COD	44	14	56	16	77	17	78	17	84	18
COD-D	27	8.1	36	9.7	48	12	53	12	55	13
SS	44	20	52	18	66	19	74	15	82	13
アルカリ度	109	46	127	53	143	55	145	64	155	70
T-N	14.9	7.7	19.1	8.0	24.6	7.0	25.7	7.0	27.3	
K-N	14.9	1.90	19.1	2.20	24.6	2.27	25.7	2.59	27.3	3.60
K-N-D		0.75		1.23		1.25		1.60		2.70
NH ₄ -N	10.3	0.2	12.6	0.2	17.5	0.4	16.4	0.8	17.0	2.3
NO ₁ -N		5.8		5.8		4.7		4.4		
T-P	2.01	1.78	2.37	1.63	3.08	1.57	2.93	1.45	3.35	1.48
T-P-D		1.51		1.70		1.93		0.94		0.95

付表 2-9 生物処理水質分析結果

単位：水温 °C, 透視度 cm, 濁度以下 mg/ℓ

実験番号	41		42		43		44		45	
サンプル名	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水
流入水温 平均	21.9		24.8		22.1		18.8		15.5	
範囲	19.9-23.5		22.6-26.1		19.6-24.2		15.2-20.6		10.0-17.2	
透視度 円形池		23		30		22		17		14
矩形池		30		25		26		21		19
濁度 円形池	67	7.3	52	5.7	66	6.5	79	9.4	74	13
矩形池		3.7		6.5		4.7		6.0		7.8
BOD	93	5.2	58	5.0	86	7.2	90	4.0	99	8.2
ATU-BOD		3.5		3.5		4.1		3.7		5.7
COD	64	13	48	14	66	16	62	14	66	16
COD-D	44	9.1	30	8.6	45	11	37	10	42	11
SS	59	9.5	48	15	57	12	74	10	63	13
アルカリ度	142	56	117	62	147	66	131	50	144	42
T-N	22.0	8.3	14.2	6.91	20.1	9.10	23.1	9.12	26.9	11
K-N	22.0	1.93	14.2	1.88	20.1	2.29	23.1	1.74	26.9	1.97
K-N-D		1.31		1.00		1.61		1.05		1.11
NH ₄ -N	15.6	0.58	10.5	0.29	16.4	0.64	15.0	0.14	19.1	0.23
NO _t -N		6.4		5.03		6.81		7.38		9.03
T-P	2.94	2.03	1.89	1.37	2.71	1.33	2.80	1.33	2.93	1.71
T-P-D		1.51		1.05		1.03		1.09		1.42

付表-3 バッチ試験による硝化速度

測定 年月日	凝集剤 の添加	水温 ℃	MLSS mg/ℓ	MLVSS mg/ℓ	硝化速度 mg・N/ℓ・hr	単位汚泥当り の硝化速度 mg・N/ g・VSS・hr	プラント処理 水のNH ₄ -N mg/ℓ	備 考
550326	無	16.9	3,904	2,550	4.84	1.90	4.0	
551112	無	20.2	2,918	2,074	7.40	3.57	0.0	
560203	無	13.4	2,916	2,104	3.85	1.83	0.0	
560302	無	12.4	2,844	2,064	4.45	2.16	0.0	
560708	無	26.5	3,282	1,915	6.04	3.15	0.0	
560827	無	27.1	3,133	1,758	7.00	3.98	0.0	
561126	有	15.6	4,140	2,666	1.73	0.65	9.0 <	Al 4mg/ℓ
561209	有	15.9	4,216	2,664	2.16	0.81	4.5	"
561224	有	15.8	4,398	2,918	3.05	1.05	0.2	"
570209	無	13.1	3,252	2,430	4.12	1.70	0.0	
570309	無	14.0	3,298	2,448	8.10	3.31	0.2	
570324	無	18.5	3,514	2,580	9.28	3.60	0.2	
570520A	無	23.0	2,866	2,016	8.63	4.28	0.0	
570520B	無	23.0	2,708	1,960	7.80	3.98	0.4	
570608A	無	24.0	2,348	1,604	9.30	5.80	0.0	
570608B	無	24.0	2,244	1,572	9.39	5.97	0.0	
570722A	無	25.0	1,776	1,164	5.73	4.92	0.0	
570722B	無	25.0	2,626	1,824	7.31	4.01	4.5	
570826A	有	27.8	2,432	1,452	5.98	4.12	0.0	Al 2mg/ℓ
570826B	無	27.5	1,966	1,264	5.26	4.16	0.0	
570921A	有	24.2	1,812	1,126	5.12	4.55	0.0	Al 4mg/ℓ
570921B	無	24.2	1,434	938	3.07	3.27	0.0	
571110B	無	21.0	2,830	2,114	8.86	4.19	0.3	
571222A	有	16.0	2,500	1,774	3.33	1.88	1.2	Al 4mg/ℓ
571222B	無	16.2	2,280	1,852	1.93	1.04	16.0	
580217	有	15.0	3,174	2,392	1.82	0.76	3.3	準備期間 Al 2mg/ℓ
580309	有	16.0	3,800	2,772	2.11	0.76	1.6	" 4 "
580329	有	15.9	3,586	2,476	2.69	1.09	0.8	Al 4mg/ℓ
580426	有	20.0	3,594	2,432	4.42	1.82	0.1	準備期間 Al 4mg/ℓ
580527	有	22.0	4,116	2,778	7.19	2.59	0.0	Al 4mg/ℓ
580707	有	25.0	2,940	1,890	6.69	3.54	0.0	
581007	無	21.0	1,620	1,160	4.60	3.97	0.0	
581110	無	19.0	2,150	1,720	4.80	2.79	0.6	
581223	無	13.5	2,250	1,840	4.81	2.61	0.1	
590202	無	9.6	2,626	2,110	2.13	1.01	0.5	
590607	無	25.0	3,160	2,470	5.50	2.23	5.4	
591005	無	23.0	954	744	3.82	5.13	0.2	
591127	無	15.3	1,350	1,010	3.80	3.76	0.0	
591221	無	13.7	1,560	1,170	1.97	1.68	0.0	

付表-4 バッチ試験における脱窒速度の例

測定年月日	供試汚泥	水温(°C)	初期* BOD (mg/l)	MLSS (mg/l)	MLVSS (mg/l)	脱窒速度 (mg·N/ l·hr)	VSS当りの 脱窒速度 (mg·N/ g·VSS·hr)	備考
56.11.26	RS:沈後水=1:2	16.5	66	2,764	1,790	3.51	1.96	Al添加運転 (4mg/l)
	" " 1:1	16.5	50	3,179	2,044	2.38	1.16	
	" " 3:2	16.5	40	4,630	2,971	3.16	1.06	
56.12.24	RS:沈後水=3:2	14.8	47	4,313	2,861	1.67	0.58	Al添加運転 (4mg/l)
	RS:(沈後水+ペプトン) =3:2	14.8	175	4,313	2,861	3.29	1.15	
57.02.09	RS:沈後水=3:2	13.2	40	3,114	2,327	3.62	1.56	
	RS:(沈後水+ペプトン) =3:2	13.2	76	3,114	2,327	4.84	2.08	
	"	13.2	104	3,114	2,327	5.66	2.43	
	"	13.2	176	3,114	2,327	6.25	2.69	
57.03.24	RS:沈後水=3:2	18.5	43	3,500	2,542	3.92	1.54	
	RS:(沈後水+ペプトン) =3:2	18.5	100	3,500	2,542	7.01	2.76	
57.08.26	RS:沈後水=1:2 ** 前バツ気1 hr	27.5	31	2,014	1,268	1.76	1.39	
	" " 2 hrs	27.5	31	1,966	1,264	0.77	0.61	
	" " 3 hrs	27.5	31	1,980	1,278	0.58	0.45	
	" " 4 hrs	27.5	31	1,582	1,034	1.37	1.32	
58.11.10	RS:沈後水=1:2 前バツ気ナシ	19.0	69	2,150	1,720	2.63	1.53	
	" " 1 hr	19.0	69	2,150	1,720	1.62	0.94	
	" " 2 hrs	19.0	69	2,150	1,720	1.13	0.66	
	" " 3 hrs	19.0	69	2,150	1,720	0.88	0.51	
	" " 4 hrs	19.0	69	2,150	1,720	0.39	0.23	
	RS:生下水=1:2 前バツ気ナシ	19.0	119	2,320	1,870	3.10	1.66	
	" " 1 hr	19.0	119	2,320	1,870	1.11	0.59	
	" " 2 hrs	19.0	119	2,320	1,870	1.35	0.72	
	" " 3 hrs	19.0	119	2,320	1,870	0.97	0.52	
	" " 4 hrs	19.0	119	2,320	1,870	0.45	0.24	

* 初期BOD : 実験開始時のBOD, 沈後水や生下水, ペプトンのBODに各々の混合比を乗じたもの。

** 前バツ気 : 脱窒の操作(嫌気攪拌)を始める前に供試汚泥に対しエアレーションの操作を行なうこと。

付表-5 プラントの脱窒速度

Mode	番 号	脱 窒 量 (mg/ℓ)	嫌気槽滞留 時 (hr)	MLVSS (g/ℓ)	脱 窒 速 度 (mg-N/ g-VSS・hr)	水 温 (℃)	備 考	Mode	番 号	脱 窒 量 (mg/ℓ)	嫌気槽滞留 時 (hr)	MLVSS (g/ℓ)	脱 窒 速 度 (mg-N/ g-VSS・hr)	水 温 (℃)	備 考
I	1	11.5	4.5	1.36	1.88	23.0		I	26	8.6	2	1.81	2.38	25.7	AL添加
I	2	6.9	3	0.80	2.88	26.1		I	27	11.2	2	1.75	3.20	17.4	"
I	3	10.2	3	1.33	2.56	26.2		II	28	10.6	2	1.68	3.15	23.5	
I	4	12.1	3	2.03	1.99	25.0		IV	29*	2.5	4	1.77	0.35*	25.0	
I	5	12.6	3	1.84	2.28	19.9		IV	30	6.8	6	1.33	0.85	26.1	
I	6*	12.9	3	2.29	1.88*	15.0		IV	31	12.3	6	1.50	1.37	22.3	
I	7	13.3	3	2.88	2.13	16.9		IV	32*	7.2	4	1.41	1.28*	17.4	
III	8	10.9	3	—	—	24.2		I	33	8.1	4.5	2.26	0.80	17.2	AL添加
III	9	5.3	3	—	—	25.0		I	34	9.0	3	2.52	1.19	21.7	"
I	10	11.8	3	1.70	2.31	22.9		I	35	5.5	3	2.51	0.73	23.5	"
I	11	13.7	4.5	1.87	1.63	18.1		IV	36	7.2	6	1.59	0.75	26.6	
I	12	13.0	4.5	1.97	1.47	13.6		IV	37	9.0	6	1.18	1.27	23.9	
I	13	13.1	4.5	1.71	1.70	16.1		V	38	14.5	6	1.51	1.60	17.0	
II	14**	9.4	4.5	1.58	1.32**	17.8		V	39	13.8	6	1.83	1.26	13.9	
II	15	10.5	3	2.12	1.65	22.9		V	40	—	6	1.42	—	17.9	
II	16	8.6	3	1.60	1.79	27.1		V	41	10.1	6	1.53	1.10	22.9	
II	17	9.5	3	1.80	1.76	25.7		V	42	5.5	6	0.90	1.02	26.6	
II	18	11.7	3	1.98	1.97	22.4		V	43	8.1	6	1.15	1.17	22.2	
II	19*	6.9	3	2.47	0.93*	18.6	AL添加	V	44	9.1	6	1.75	0.87	17.6	
II	20*	8.9	3	2.72	1.10*	16.0	"	V	45	10.6	6	1.45	1.22	14.1	
II	21	13.3	3	2.23	1.99	15.0									
II	22	12.2	3	2.36	1.72	15.4									
II	23	12.3	2	1.87	3.29	23.0									
I	24	6.9	2	1.51	2.28	25.1									
I	25*	4.5	2	1.20	1.88*	25.9	AL添加								

* : 硝化不調時

** : 返送率 50 %

付表-6 汚 泥 発 生 量

Mode	番号	余剰汚泥量 (mg/l)*	流出SS量 (mg/l)	発生汚泥量 (A) (mg/l)*	流入SS量 (B) (mg/l)	$\frac{A}{B}$	備 考	Mode	番号	余剰汚泥量 (mg/l)*	流出SS量 (mg/l)	発生汚泥量 (A) (mg/l)*	流入SS量 (B) (mg/l)	$\frac{A}{B}$	備 考
I	1	39	25	64	79	0.81		I	26	33	33	66	56	1.18	AL添加 4mg/l
I	2	5.8	12	18	49	0.37		I	27	76	19	95	61	1.56	" "
I	3	8.0	8.7	17	56	0.30		II	28	48	33	81	65	1.25	
I	4	32	29	61	52	1.17		IV	29	40	26	66	60	1.10	
I	5	60	19	79	82	0.96		IV	30	26	22	48	60	0.80	
I	6	86	25	111	132	0.84		IV	31	30	19	49	61	0.80	
I	7	97	23	120	132	0.91		IV	32	35	23	58	62	0.94	
III	8	28	24	52	81	0.64		I	33	72	24	96	64	1.50	AL添加 4mg/l
III	9	19	51	70	58	1.21		I	34	49	15	64	49	1.31	" "
I	10	19	23	42	65	0.65		I	35	70	21	91	55	1.65	" "
I	11	48	17	65	89	0.73		IV	36	0	20	20	44	0.45	
I	12	64	22	86	111	0.77		IV	37	33	18	51	52	0.98	
I	13	52	17	69	63	1.10		V	38	42	19	61	66	0.92	
II	14	59	26	85	109	0.78		V	39	65	15	80	74	1.08	
II	15	51	19	70	111	0.63		V	40	57	13	70	82	0.85	
II	16	46	17	63	75	0.84		V	41	53	9.5	63	59	1.07	
II	17	49	15	64	55	1.16		V	42	29	15	44	48	0.92	
II	18	49	23	72	87	0.83		V	43	42	12	54	57	0.95	
II	19	60	45	105	71	1.48	AL添加 4mg/l	V	44	66	10	76	74	1.03	
II	20	87	37	124	77	1.61	" "	V	45	69	13	82	63	1.30	
II	21	59	28	87	82	1.06		* 余剰汚泥量は流入水量中のSS濃度で表示した。							
II	22	62	27	89	104	0.86									
II	23	50	27	77	62	1.24									
I	24	32	40	72	60	1.20									
I	25	23	56	79	57	1.39	AL添加 2mg/l								

付表-7 沈殿池の形式と処理水質

実験番号	運 転 Mode	凝 集 剤 の 添加の有無	エアレーシ ンタンク の 水 温	透 視 度 (cm)		濁 度 (mg/l)		
				円 形	矩 形	円 形(A)	矩 形(B)	A/B
7	I	無	16.9	15	20	18	14	1.29
10	I	無	22.9	26	31	11	10	1.10
11	I	無	18.1	28	28	10	9.1	1.10
12	I	無	13.6	15	17	15	11	1.36
13	I	無	16.1	18	20	12	9.4	1.28
33	I	有	17.2	17	16	15	14	1.07
34	I	有	21.7	24	23	11	7.9	1.39
35	I	有	23.5	24	23	5.7	6.7	0.85
14	II	無	17.8	21	25	10	7.9	1.27
15	II	無	22.9	18	31	14	8.8	1.59
16	II	無	27.1	32	28	6.6	10	0.66
17	II	無	25.7	25	19	9.4	14	0.67
18	II	無	22.4	25	22	9.7	12	0.81
21	II	無	15.0	17	21	14	9.5	1.47
22	II	無	15.4	18	20	13	11	1.18
19	II	有	18.6	17	19	15	14	1.07
20	II	有	16.0	21	25	11	7.5	1.47
8	III	無	24.2	23	23	8.6	8.2	1.05
9	III	無	25.0	30	25	8.3	12	0.69
36	IV	無	26.6	20	21	8.9	9.9	0.90
37	IV	無	23.9	24	21	6.8	9.1	0.75
38	V	無	17.0	15	18	11	7.3	1.51
39	V	無	13.9	13	16	13	8.2	1.59
40	V	無	17.9	16	21	10	6.0	1.67
41	V	無	22.9	23	30	7.3	3.7	1.97
42	V	無	26.6	30	25	5.7	6.5	0.88
43	V	無	22.2	22	26	6.5	4.7	1.38
44	V	無	17.6	17	21	9.4	6.0	1.57
45	V	無	14.1	14	19	13	7.8	1.67

付表-8 急速濾過の水質分析結果

運 転 条 件	F-1		F-1		F-2		F-2		F-3	
実 験 番 号	No 15		No 16		No 25 ***		No 26 ***		No 32 *	
サ ン プ ル	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水
BOD (mg/ℓ)	6.0	1.7	6.2	1.7	10	1.1	8.2	1.4	57	4.8
ATU-BOD (")	3.6	1.6	2.9	1.3	6.3	0.9	4.6	1.4	13	2.6
COD (")	14	9.3	13	9.4	23	6.3	18	7.0	21	23
SS (")	19	2.1	17	1.9	56	0.7	33	0.5	26	2.1
T-N (")	9.39	8.62	7.56	7.05	9.42	7.31	7.37	5.68	14.9	11.8
T-P (")	2.34	2.00	1.85	1.76	1.43	0.27	1.45	0.71	2.04	1.33
BOD除去率 (%)	72		73		89		83		92	
SS " (%)	89		89		99		98		92	
T-N除去量 (mg/ℓ)	0.77		0.51		2.11		1.69		3.1	
運 転 条 件	F-4		F-4		F-4		F-4		F-4	
実 験 番 号	No 36		No 37		No 38		No 39 **		No 40	
サ ン プ ル	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水
BOD (mg/ℓ)	6.1	1.7	8.6	1.9	8.3	2.4	10	3.2	16	3.9
ATU-BOD (")	2.8	1.3	4.6	1.7	5.9	2.2	5.1	2.3	5.9	2.4
COD (")	14	7.8	16	9.2	17	13	17	13	18	14
SS (")	20	1.3	18	0.8	19	1.8	15	3.1	14	2.5
T-N (")	7.70	6.66	8.00	6.90	6.97	6.08	7.10	6.23	-	-
T-P (")	1.78	1.42	1.63	1.30	1.57	1.24	1.45	1.39	1.48	1.16
BOD除去率 (%)	72		78		71		68		76	
SS " (%)	94		96		91		79		82	
T-N除去量 (mg/ℓ)	1.04		1.10		0.89		0.87		-	
運 転 条 件	F-4		F-4		F-4		F-5			
実 験 番 号	No 41 **		No 42		No 43		No 45			
サ ン プ ル	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水	流入水	処理水		
BOD (mg/ℓ)	6.0	2.4	5.0	1.2	7.2	1.7	8.2	3.2		
ATU-BOD (")	3.8	2.2	3.5	0.8	4.1	1.6	5.7	3.1		
COD (")	13	11	14	8.8	16	12	16	13		
SS (")	9.9	2.0	15	0.6	12	1.1	13	2.7		
T-N (")	8.66	8.03	6.91	5.95	9.11	8.21	11.0	10.6		
T-P (")	2.11	1.80	1.37	0.90	1.33	1.08	1.71	1.49		
BOD除去率 (%)	60		76		76		61			
SS " (%)	80		96		91		79			
T-N除去量 (mg/ℓ)	0.63		0.96		0.90		0.4			

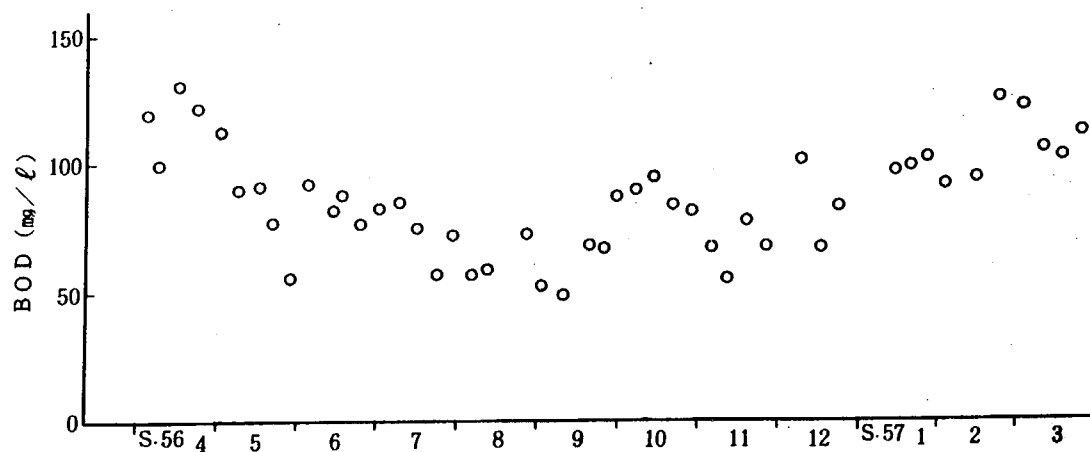
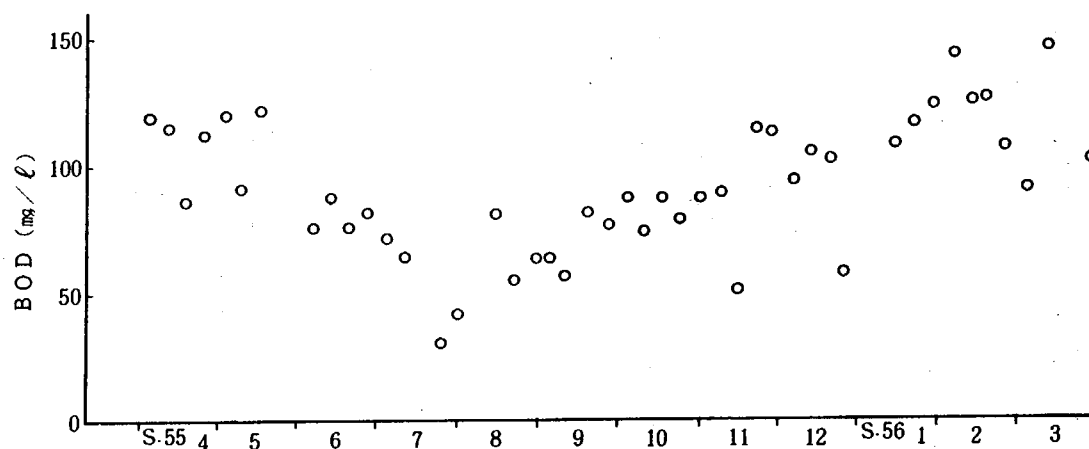
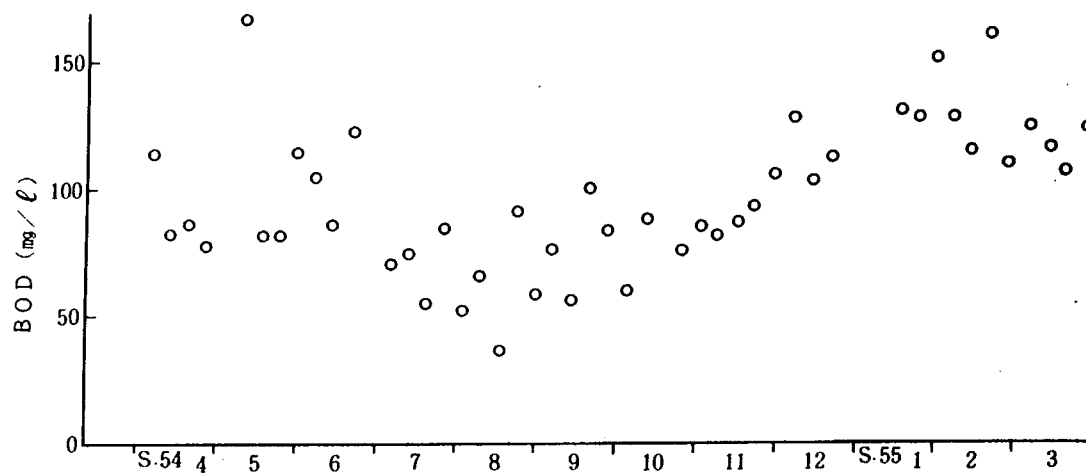
* : 生物処理と濾過の実験期間が少し異なるため後者に合わせた。

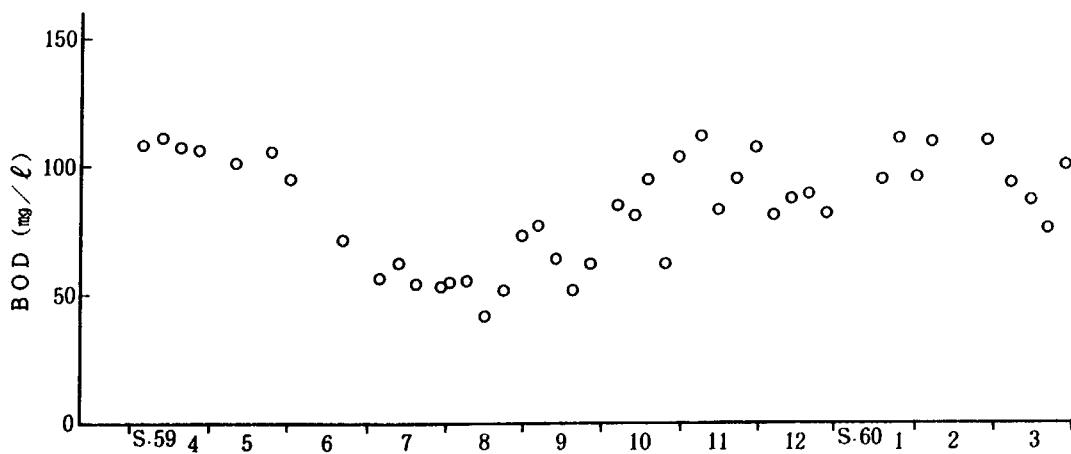
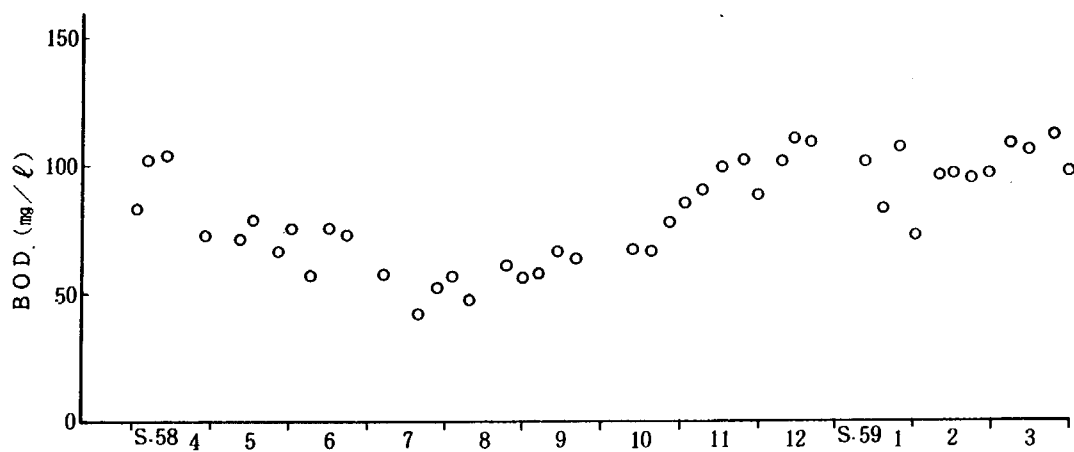
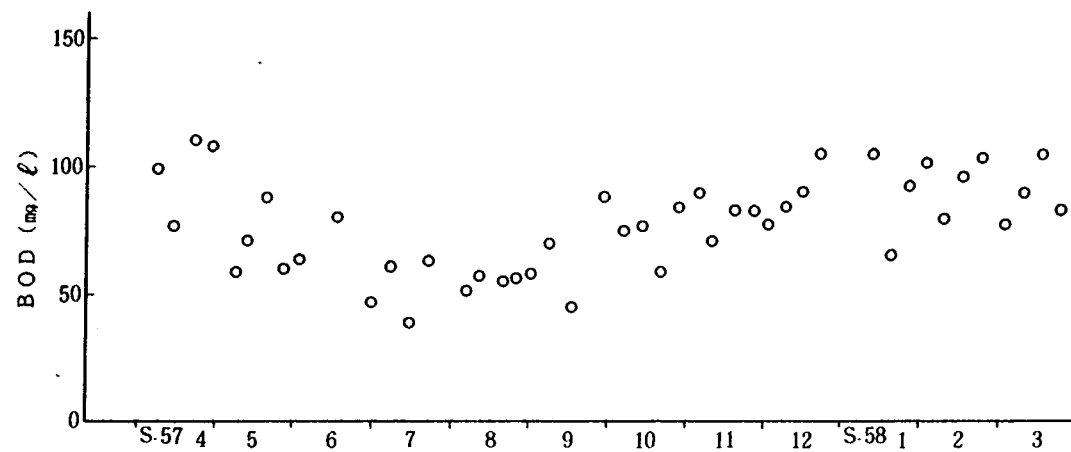
** : 濾過に一部欠測の日があるので生物処理水のデータもその日のものを除いた。

*** : 生物処理で凝集剤を添加した。

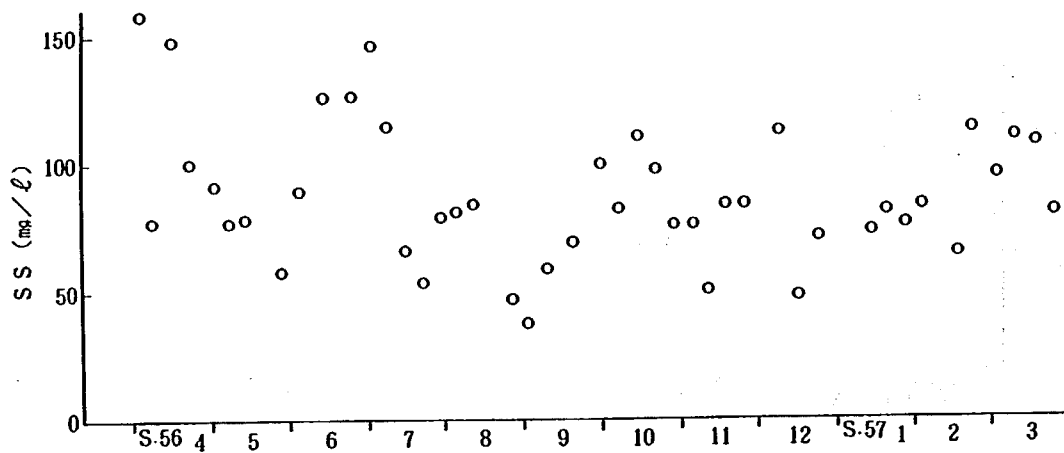
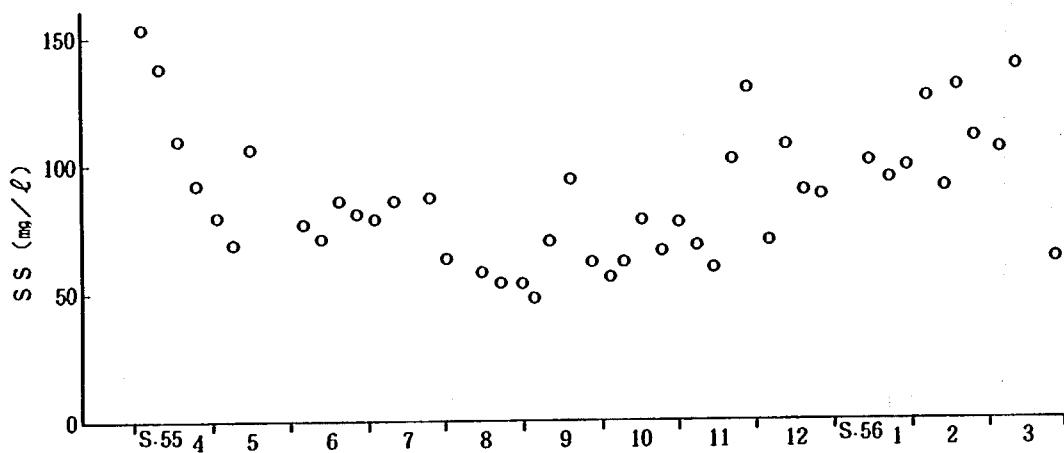
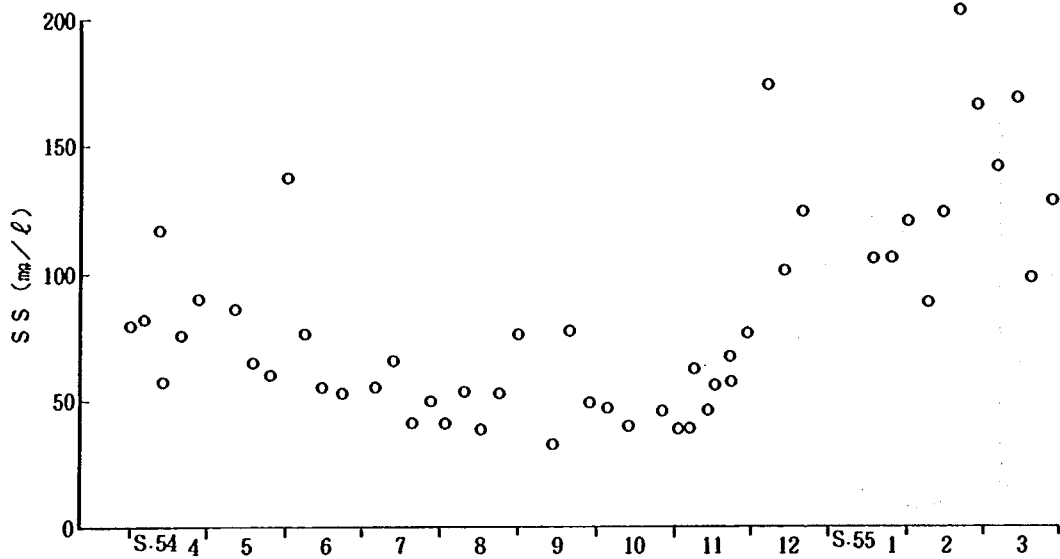
付表-9 汚泥濃縮の運転結果

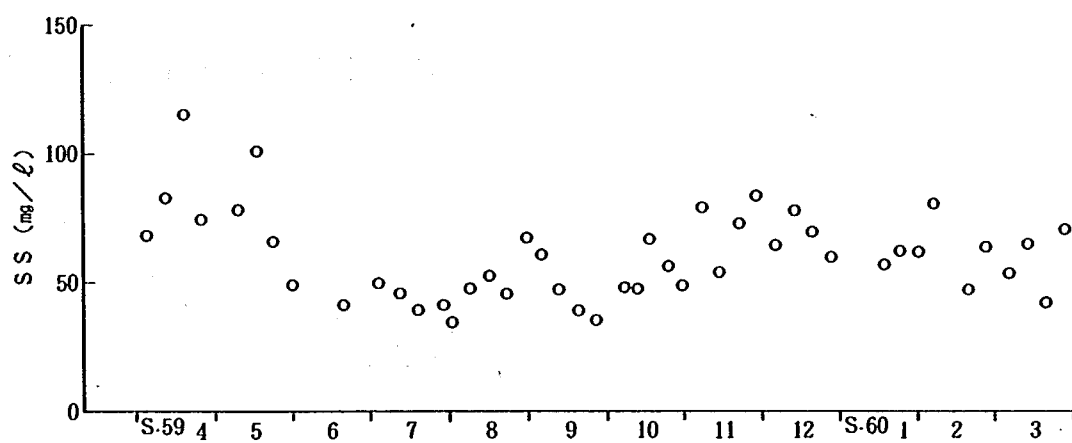
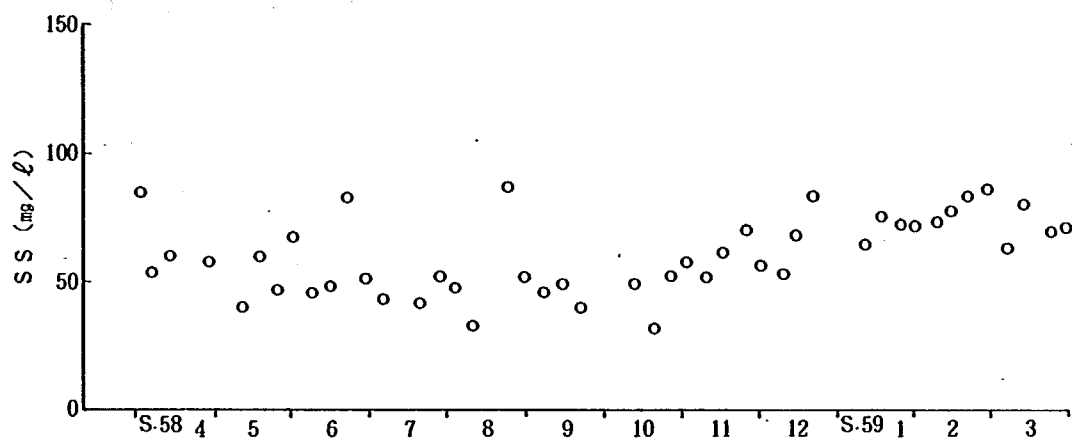
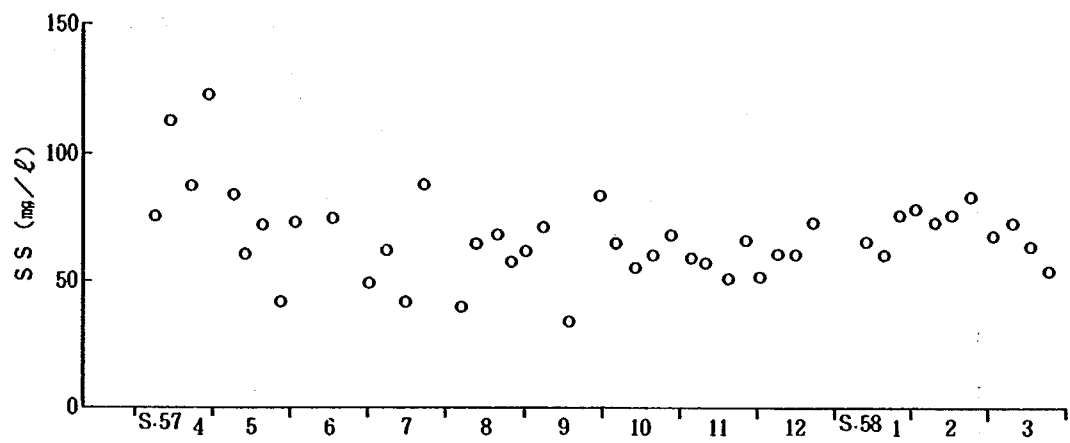
実験番号	No 26*			No 27*			No 33*			No 34*			No 35*		
サンプル	余剰汚泥	濃縮汚泥	濃分離縮水	余剰汚泥	濃縮汚泥	濃分離縮水	余剰汚泥	濃縮汚泥	濃分離縮水	余剰汚泥	濃縮汚泥	濃分離縮水	余剰汚泥	濃縮汚泥	濃分離縮水
SS (mg/ℓ)	7,040	15,600	25	7,870	20,900	64	11,200	20,200	151	12,200	22,400	226	9,240	17,500	153
VSS (")	4,430			5,550			7,870			8,360	15,000		6,030	11,500	
K-N (")	357		11.0	502		8.18	706		14.0	761		20.2	530		13.6
K-N-D (")			9.65			4.27			5.82			7.60			5.12
T-P (")	214		1.85	248		1.95	362		4.95	392		8.23	313		6.78
T-P-D (")			1.26			0.15			0.75			1.31			1.29
濃縮倍率	2.2			2.7			1.8			1.8			1.9		
実験番号	No 37			No 38			No 39			No 40			No 41		
サンプル	余剰汚泥	濃縮汚泥	濃分離縮水	余剰汚泥	濃縮汚泥	濃分離縮水	余剰汚泥	濃縮汚泥	濃分離縮水	余剰汚泥	濃縮汚泥	濃分離縮水	余剰汚泥	濃縮汚泥	濃分離縮水
SS (mg/ℓ)	6,200	13,800	104	7,580	15,500	98	7,630	17,000	135	6,530	16,500	92	6,860	17,500	152
VSS (")	4,560	10,300		6,080	12,400		6,200	13,800		5,270	13,300		5,460	14,200	
K-N (")	379		13.5	540		12.6	578		15.5	466		10.8	467		16.2
K-N-D (")			8.53			5.67			4.36			3.81			7.17
T-P (")	128		6.88	166		10.1	182		12.4	163		11.5	193		27.6
T-P-D (")			4.57			6.94			8.29			8.84			22.2
濃縮倍率	2.2			2.0			2.2			2.5			2.6		
実験番号	No 42			No 43			No 44			No 45			注：余剰汚泥と濃縮汚泥のサンプリングの頻度が異なっているもので後者に合わせた。 *：生物処理で凝集剤を添加している。		
サンプル	余剰汚泥	濃縮汚泥	濃分離縮水	余剰汚泥	濃縮汚泥	濃分離縮水	余剰汚泥	濃縮汚泥	濃分離縮水	余剰汚泥	濃縮汚泥	濃分離縮水			
SS (mg/ℓ)	3,800	12,300	81	5,460	14,600	93	8,180	21,000	137	5,600	13,200	88			
VSS (")	2,840	9,270		4,280	11,500		6,250	16,100		4,390	10,300				
K-N (")	218		9.86	382		10.3	609		11.5	434		9.38			
K-N-D (")			4.92			4.36			2.85			2.45			
T-P (")	87		11.1	140		9.42	202		10.1	125		4.98			
T-P-D (")			8.32			6.81			6.89			3.09			
濃縮倍率	3.2			2.7			2.6			2.4					



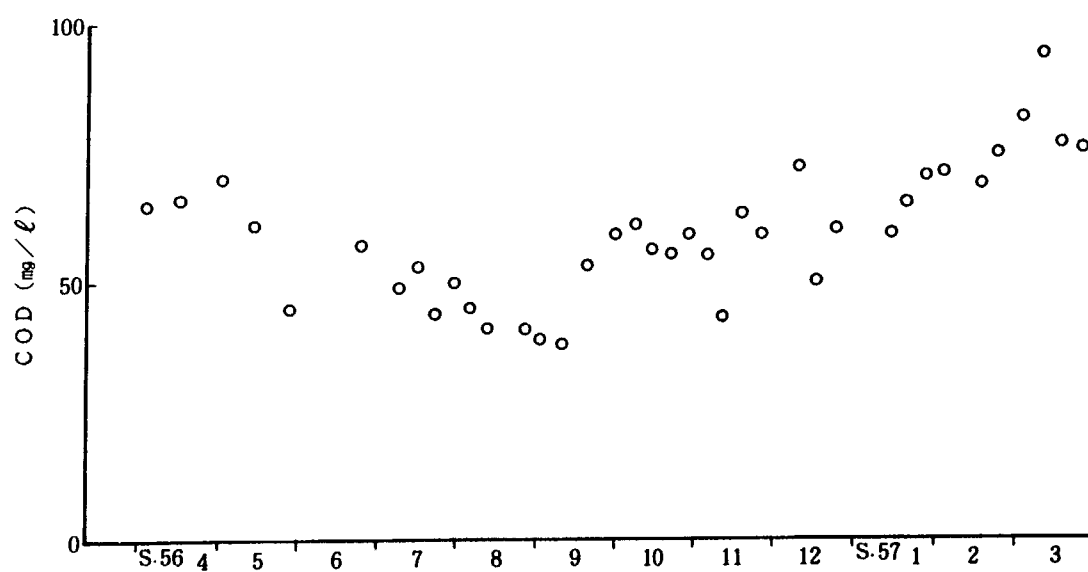
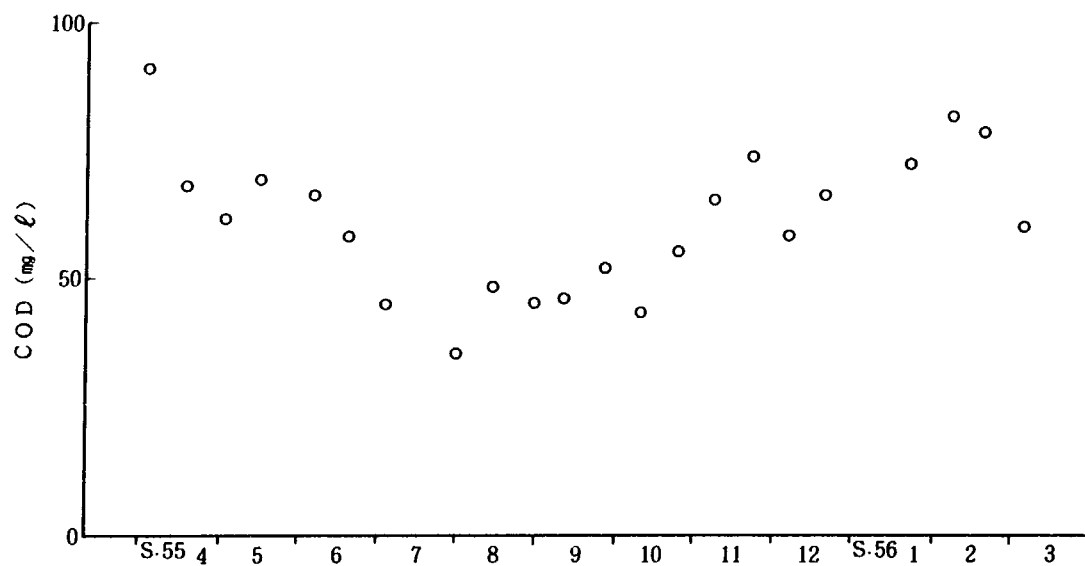
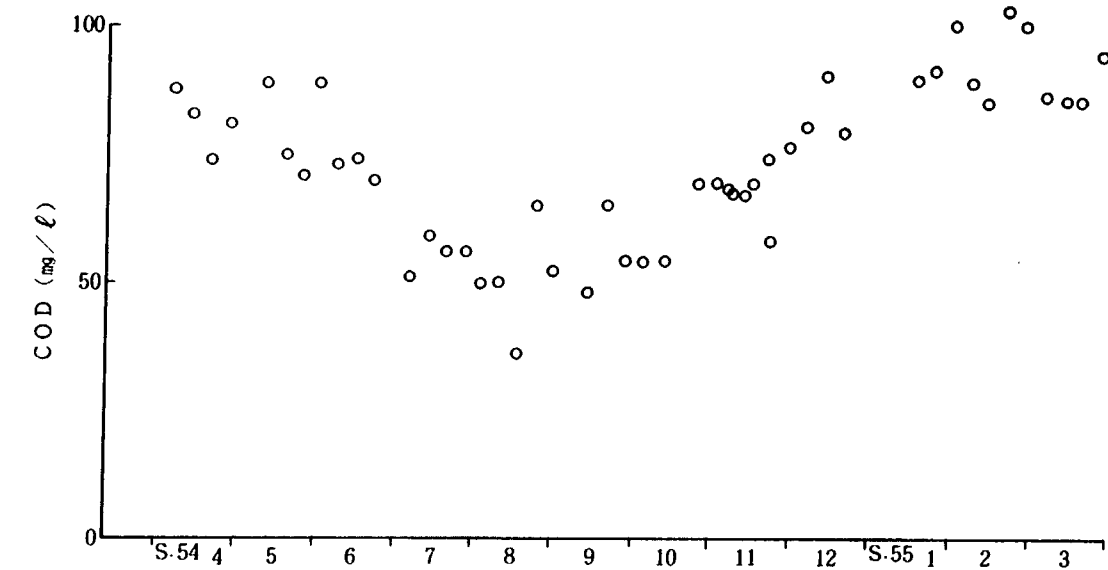


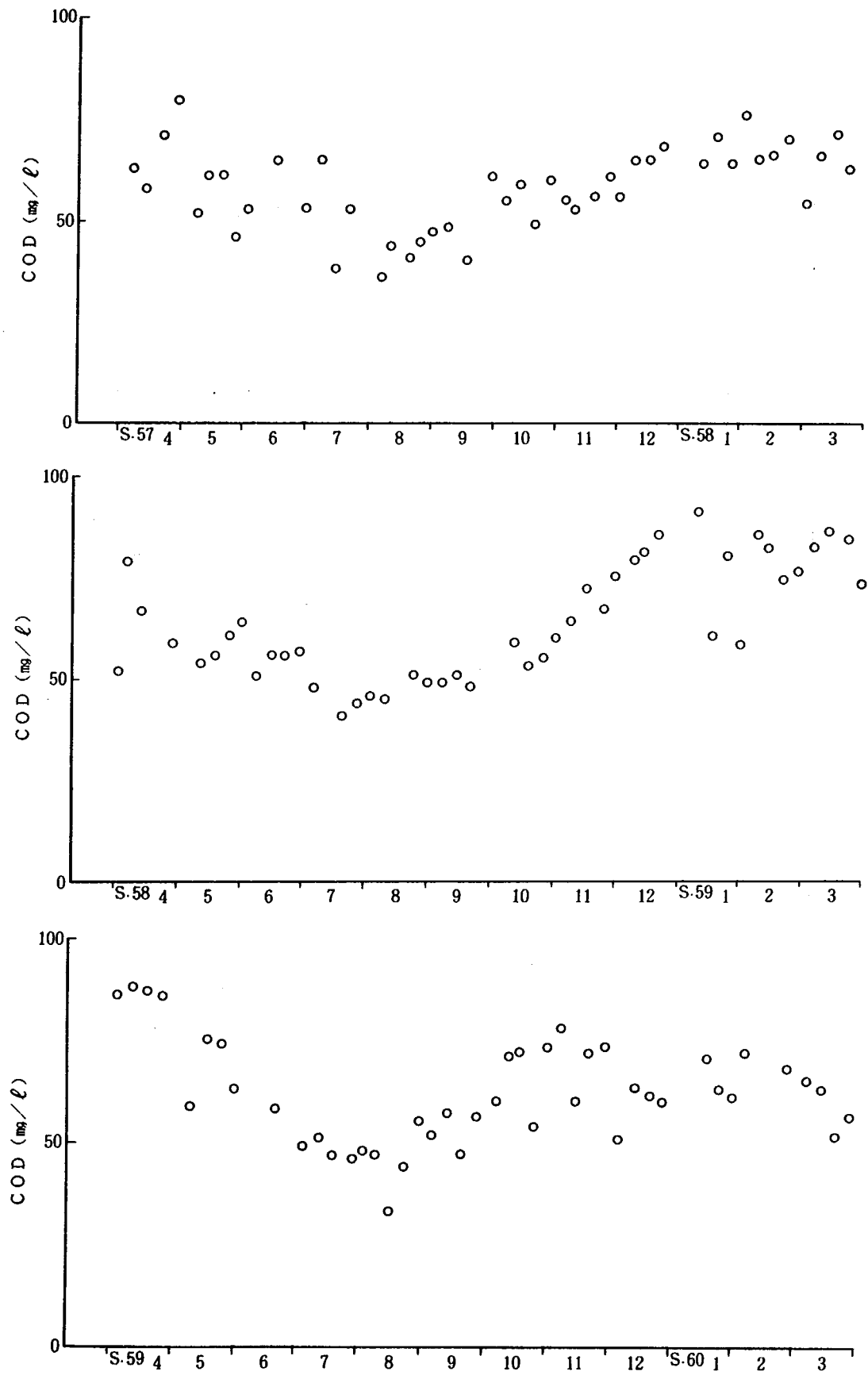
付図-1 流入水のBODの経年変化



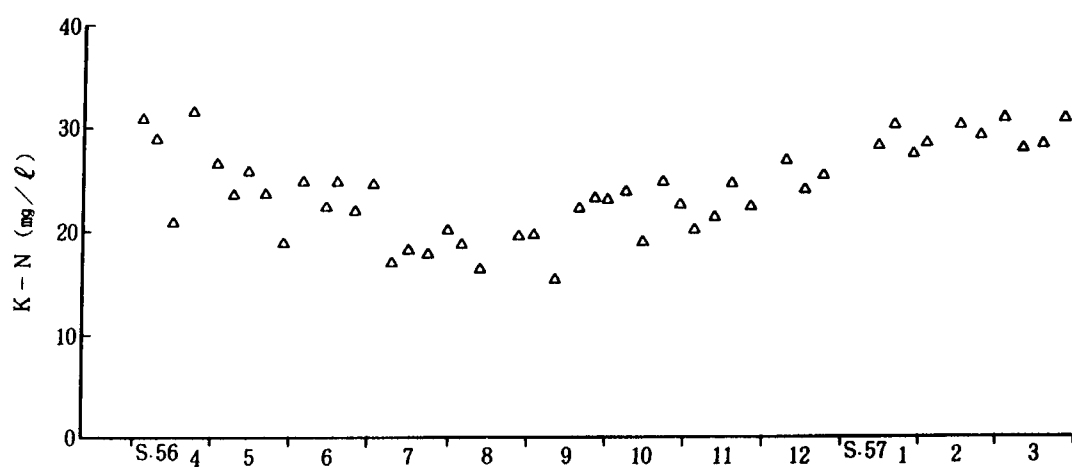
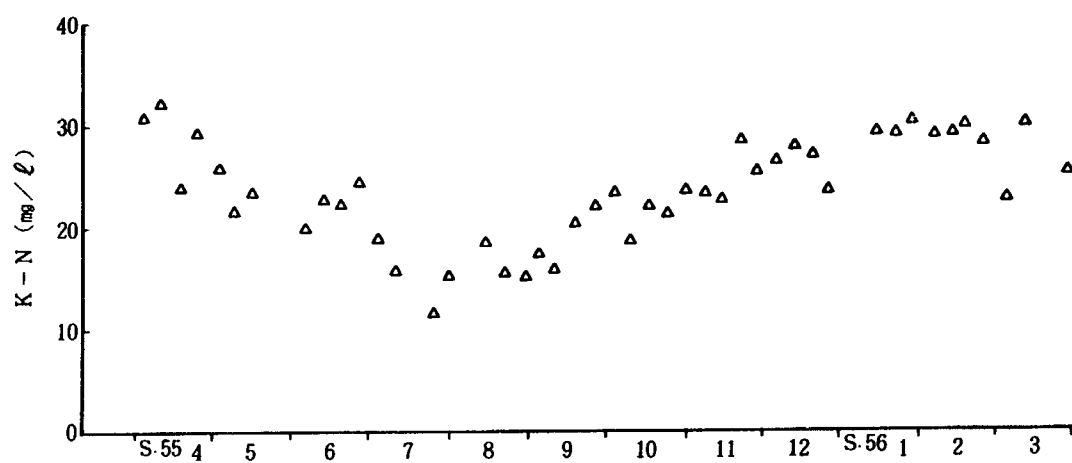
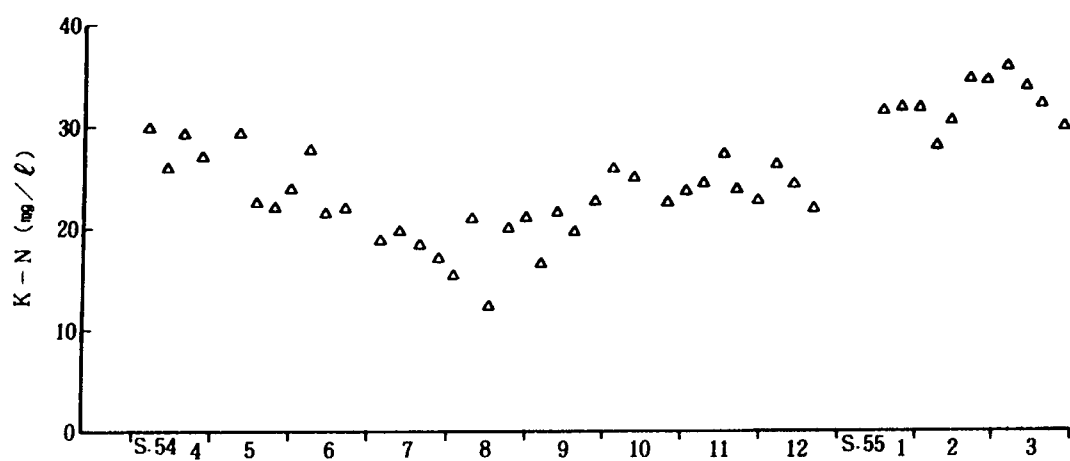


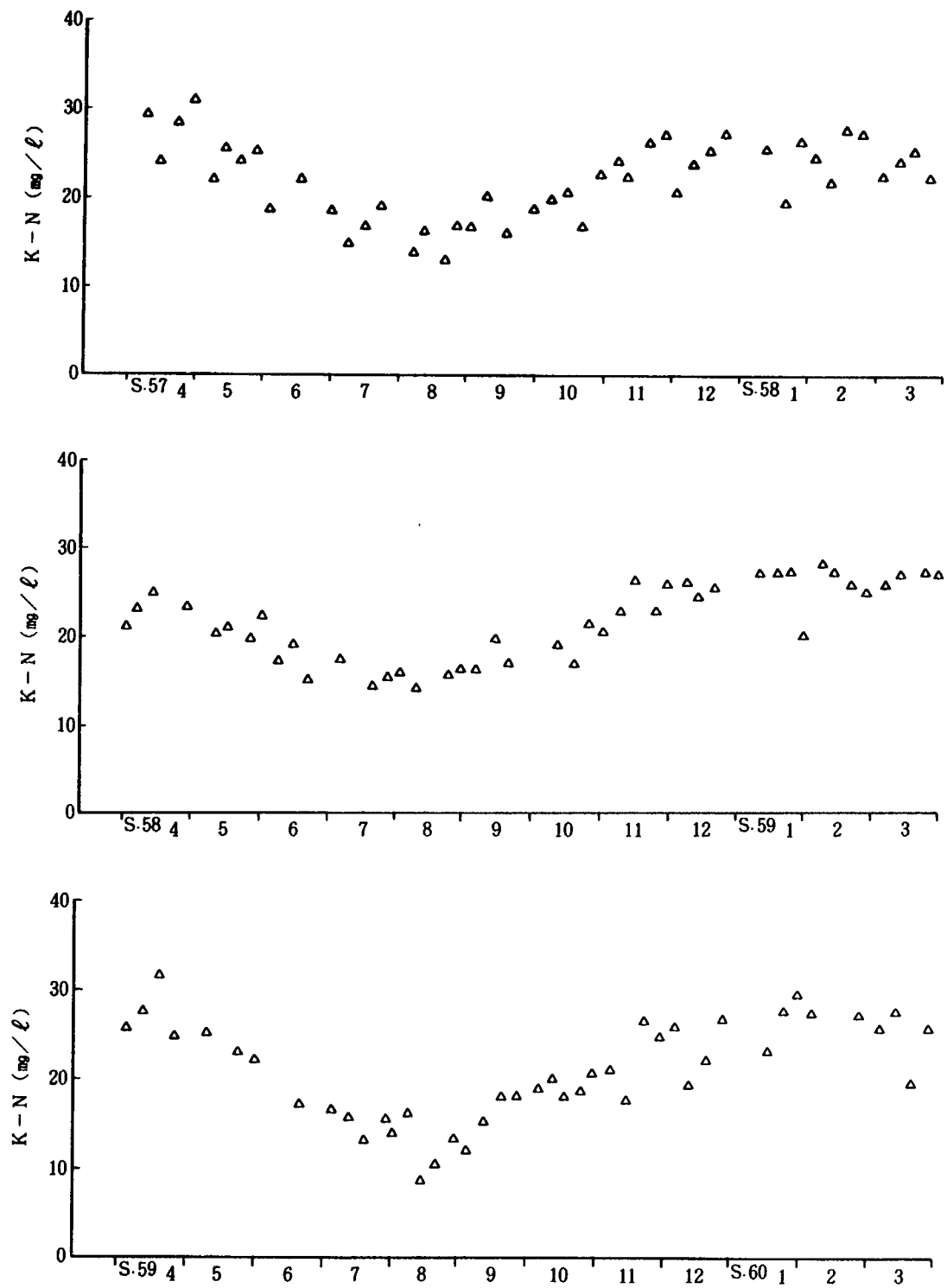
付図-2 流入水のSSの経年変化



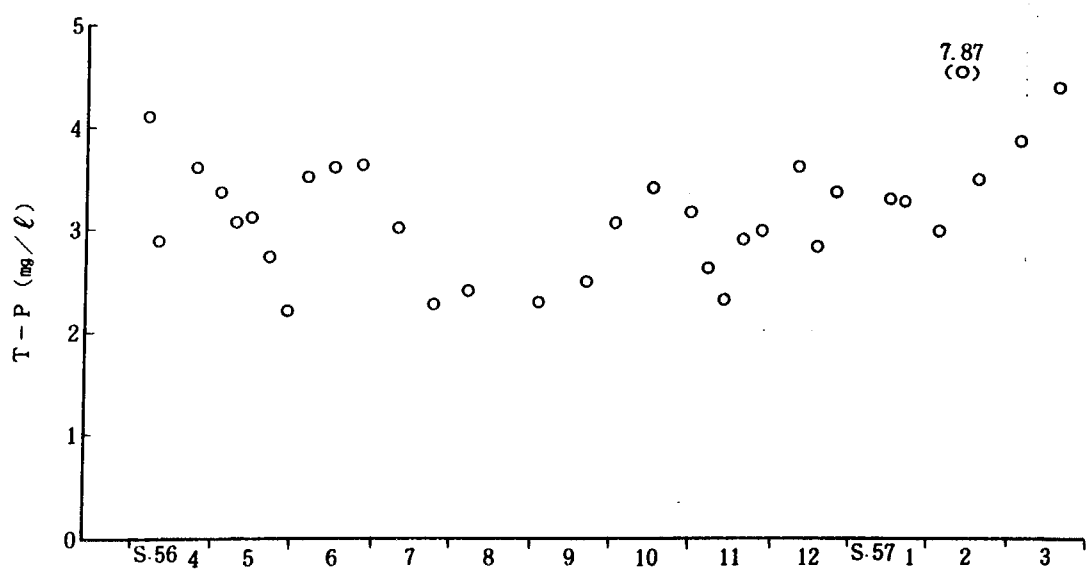
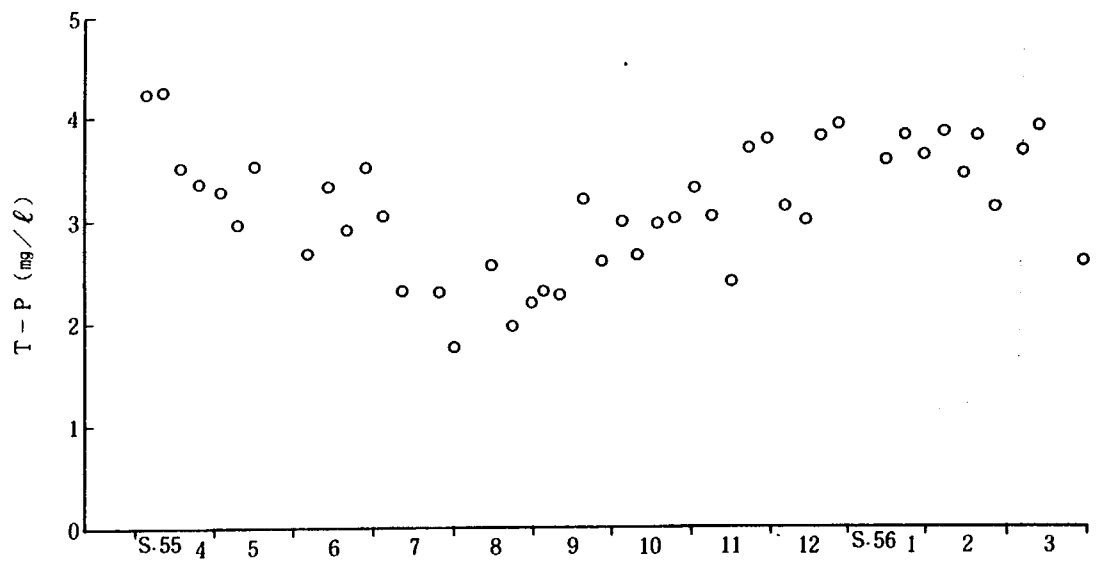
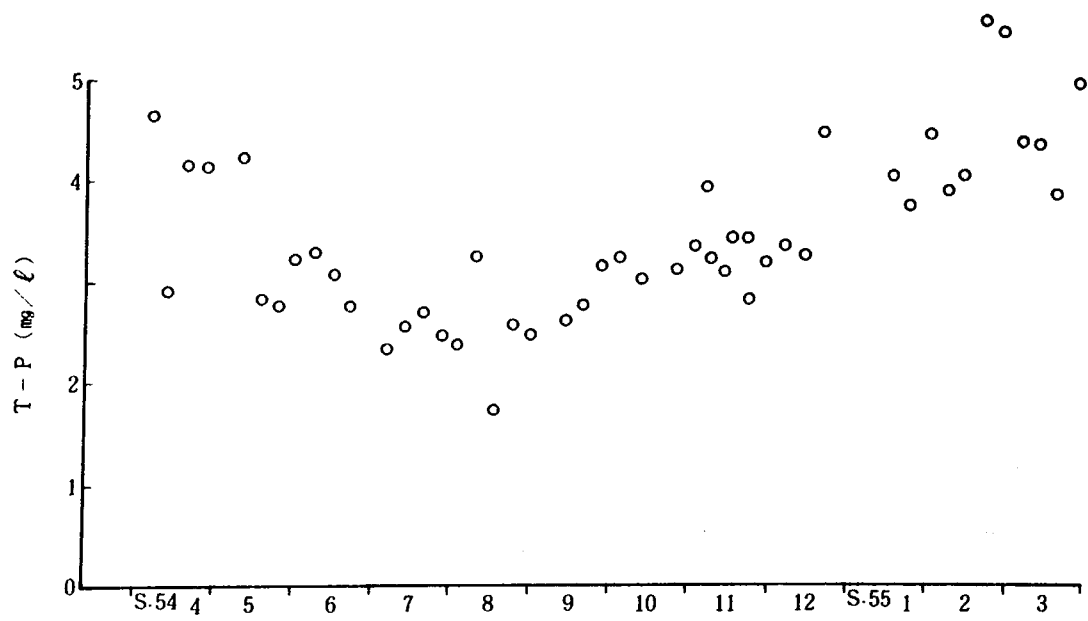


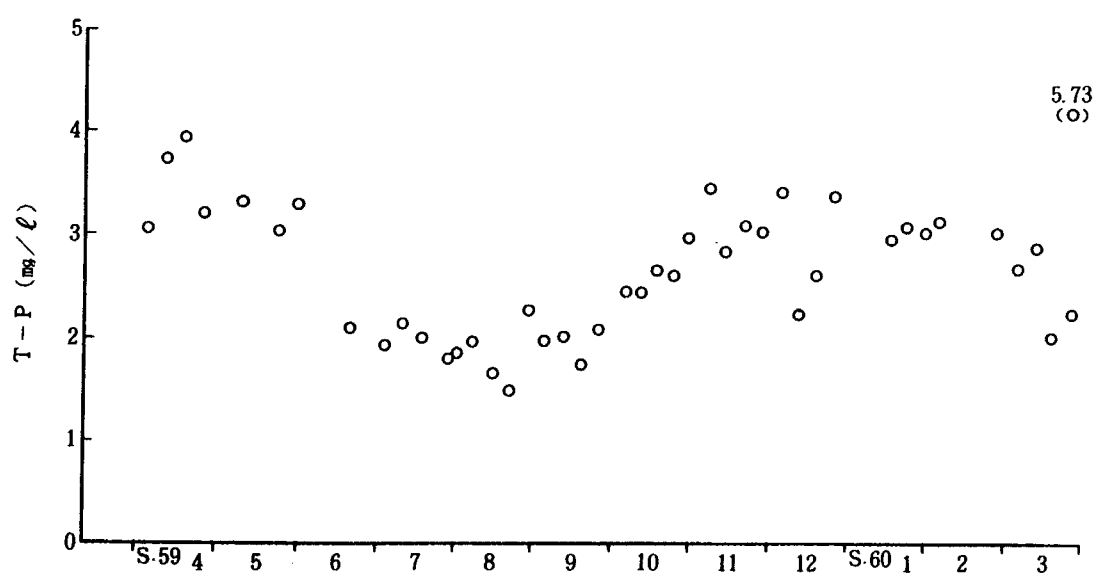
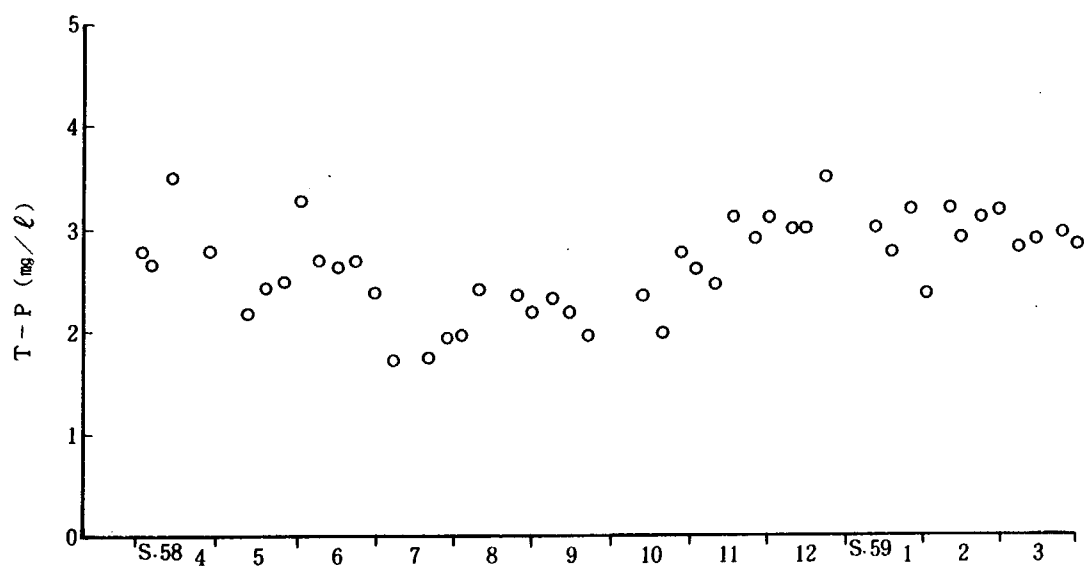
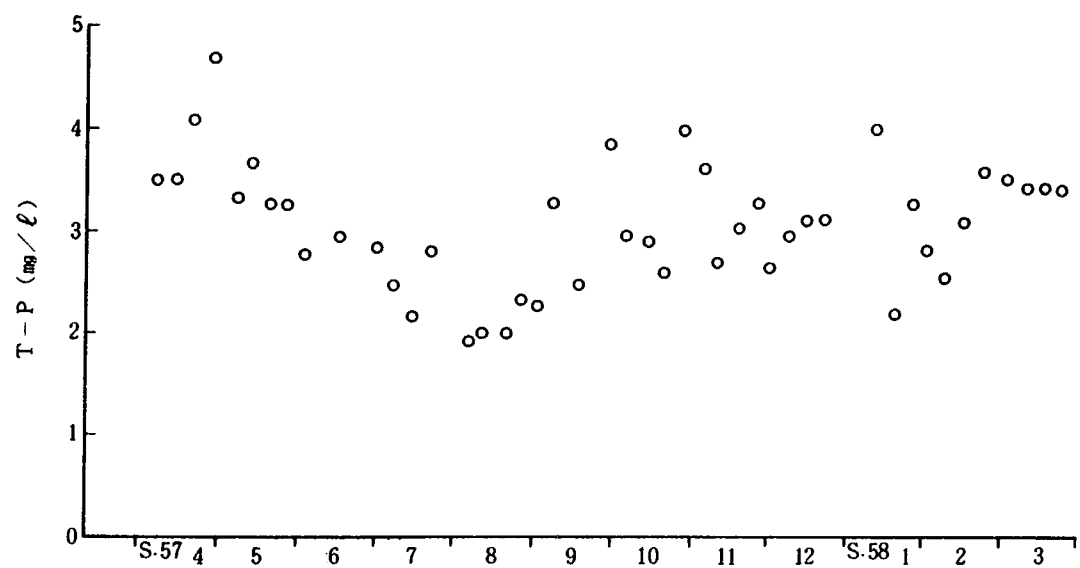
付図-3 流入水のCODの経年変化



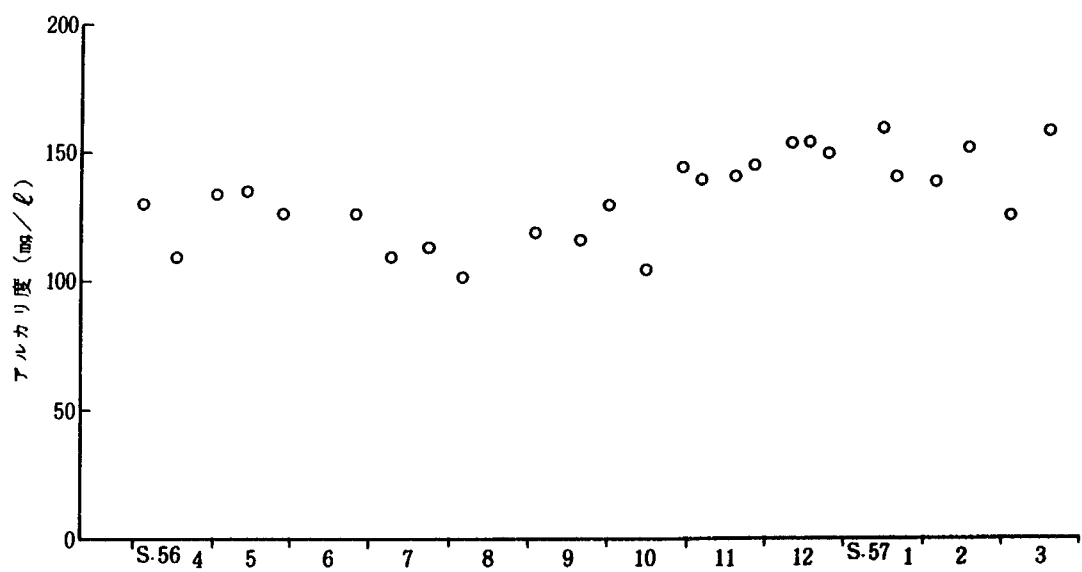
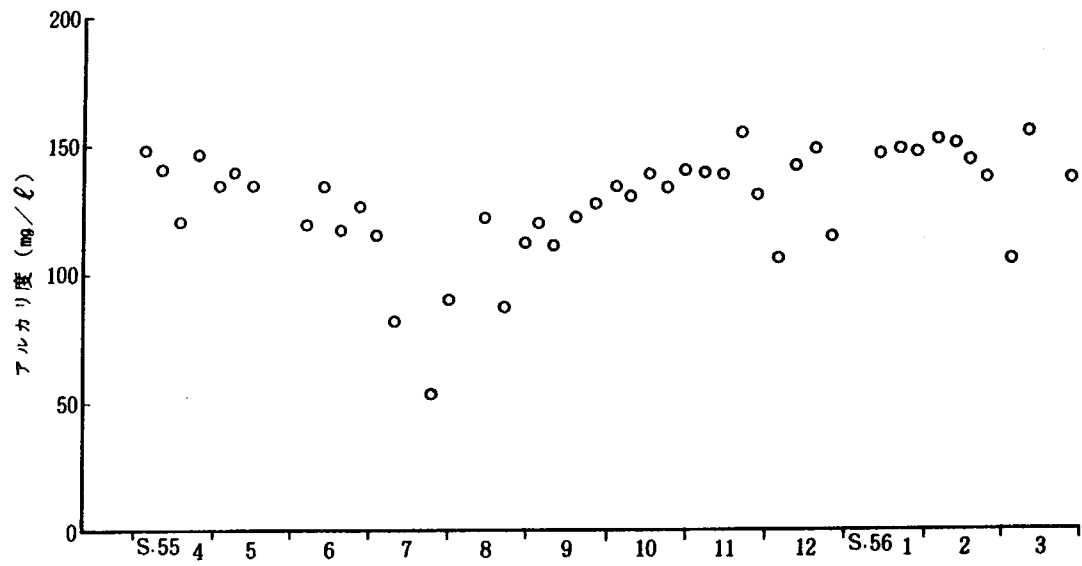
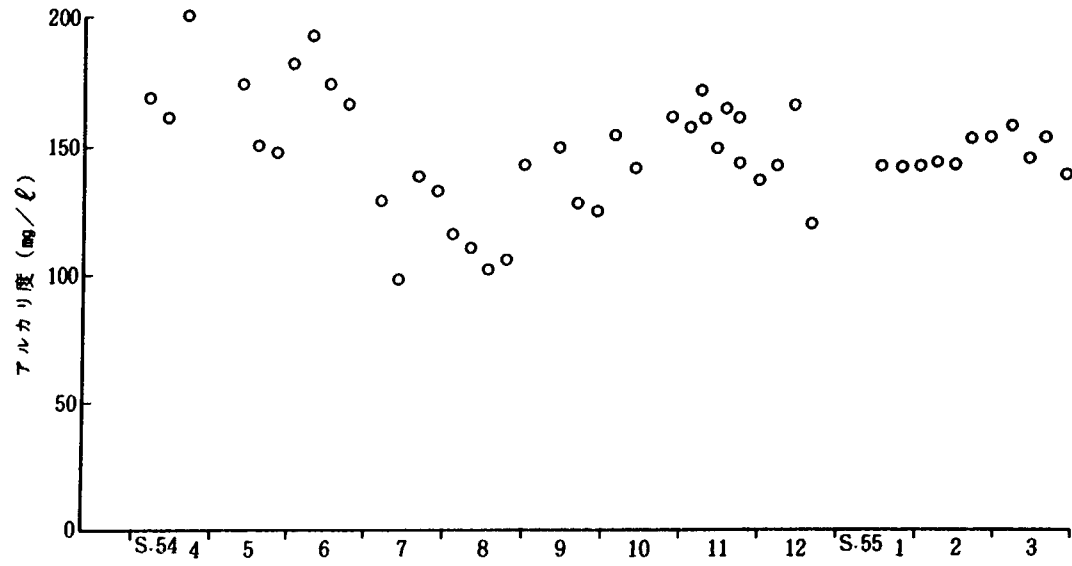


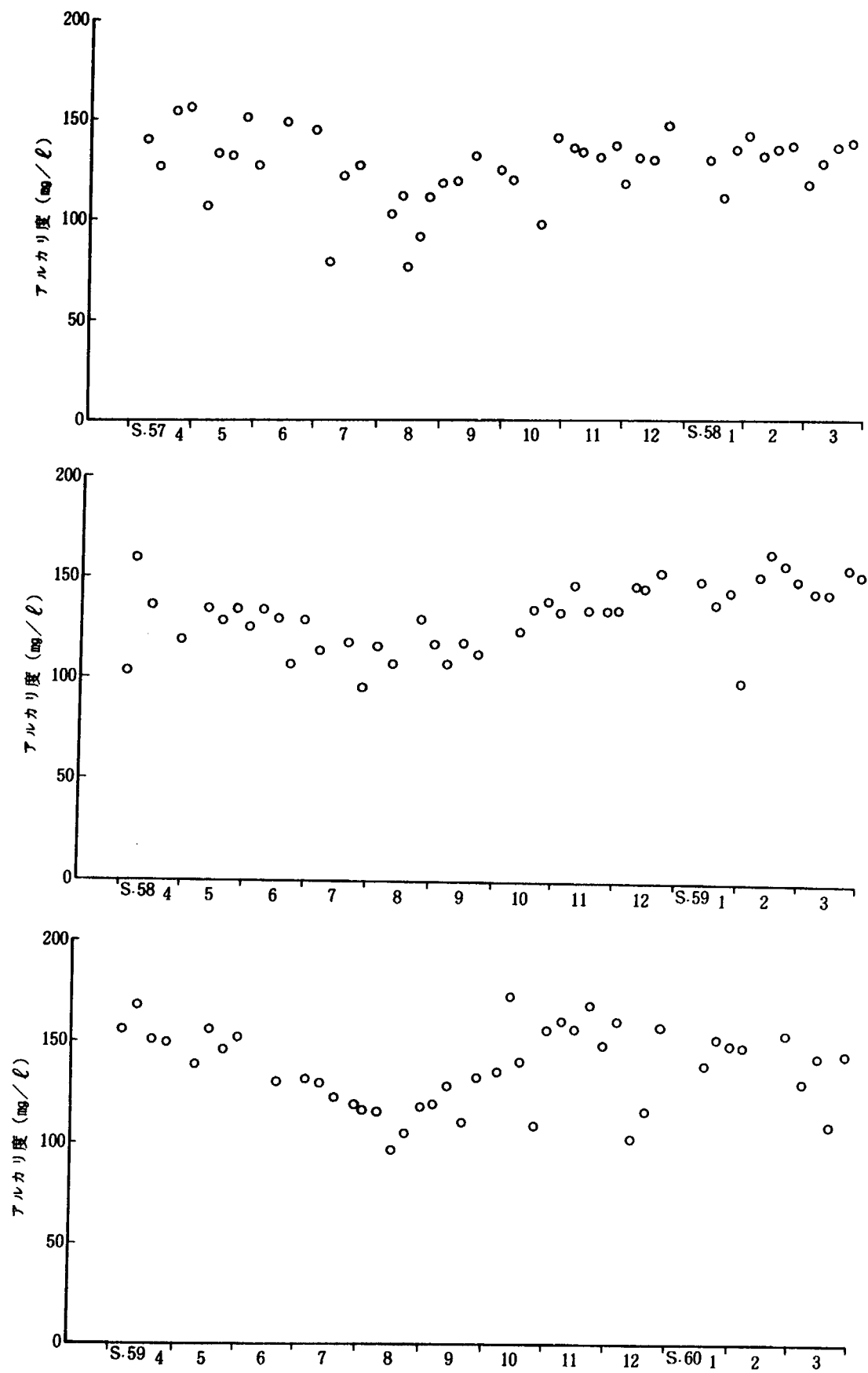
付図-4 流入水のK-Nの経年変化



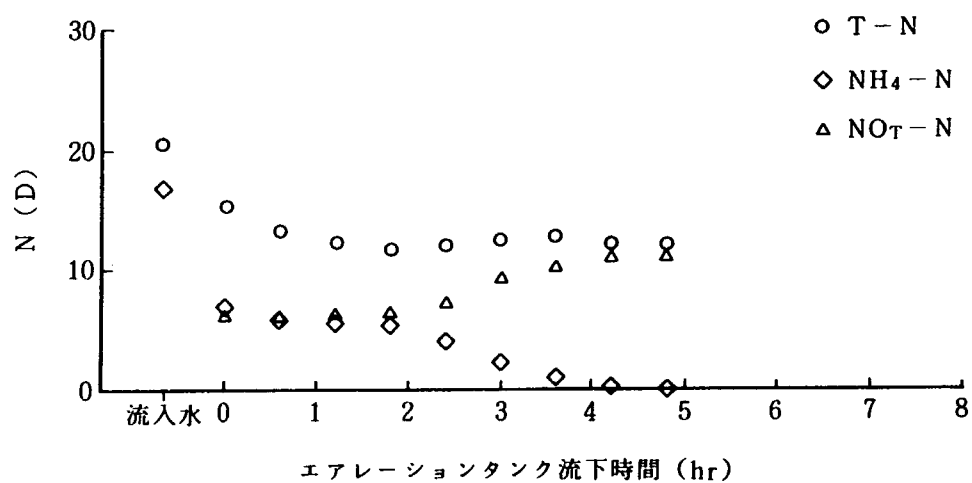
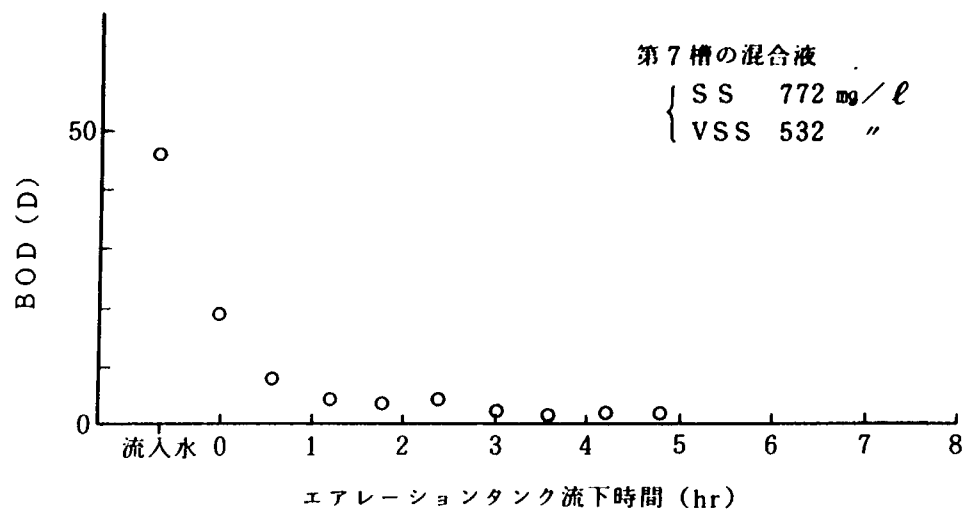


付図-5 流入水のT-Pの経年変化

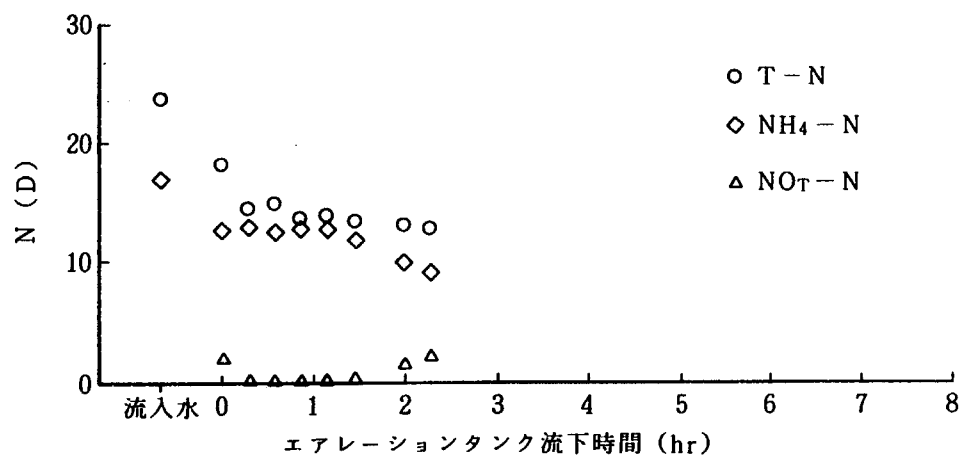
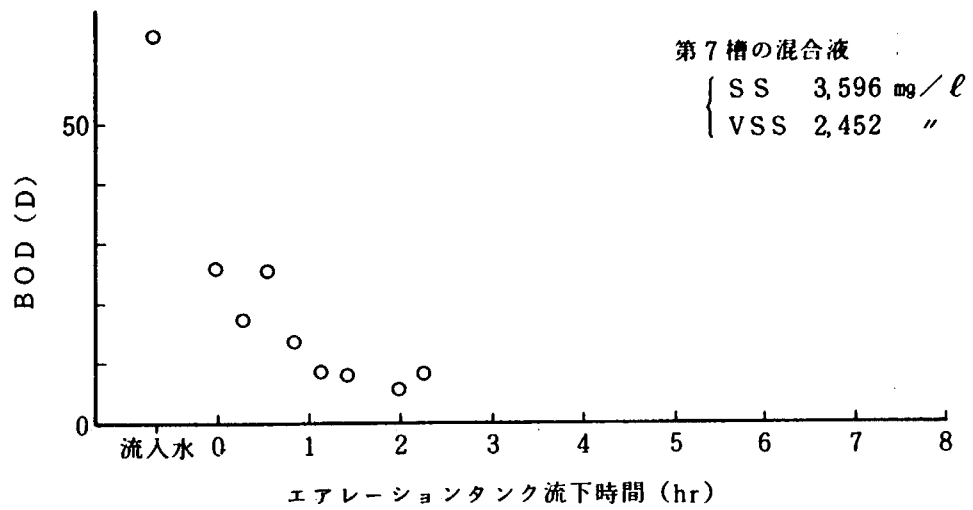




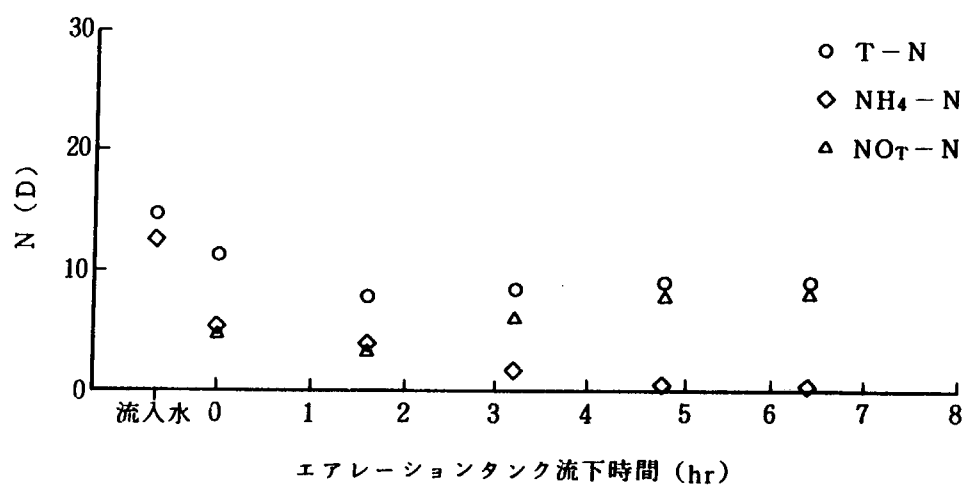
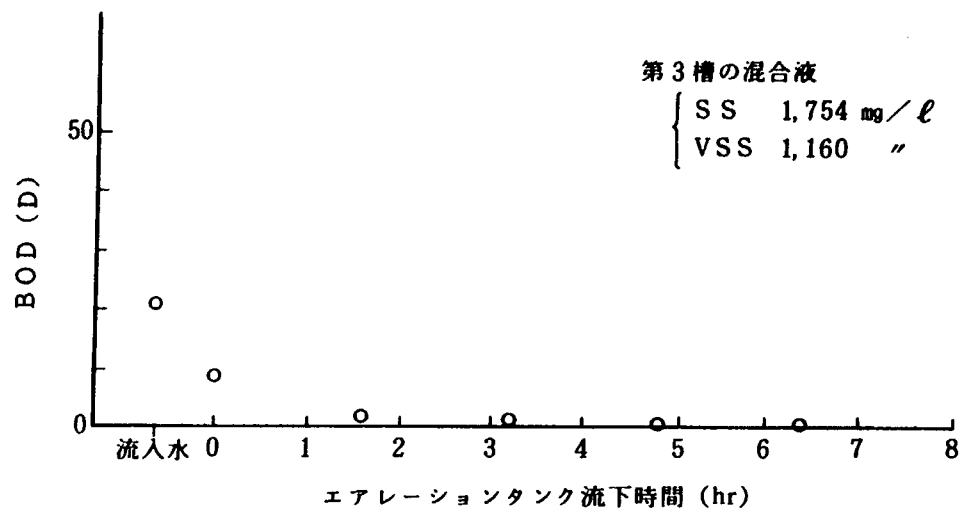
付図-6 流入水のアルカリ度の経年変化



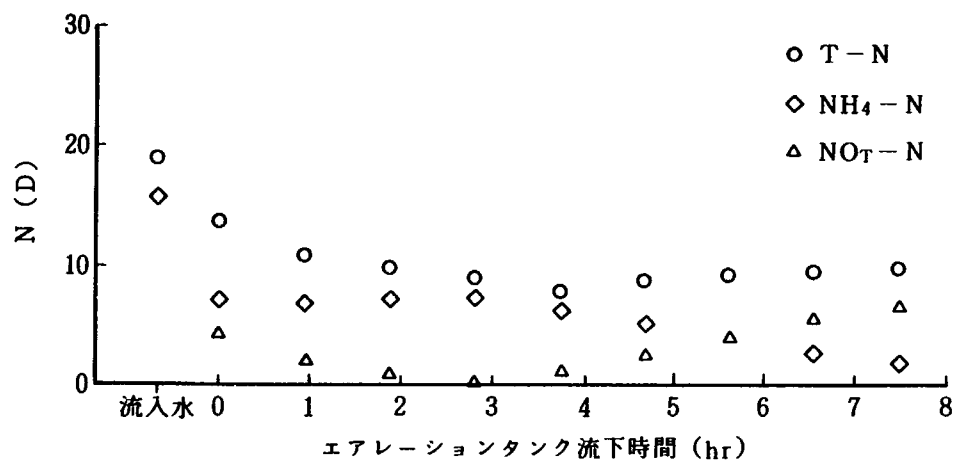
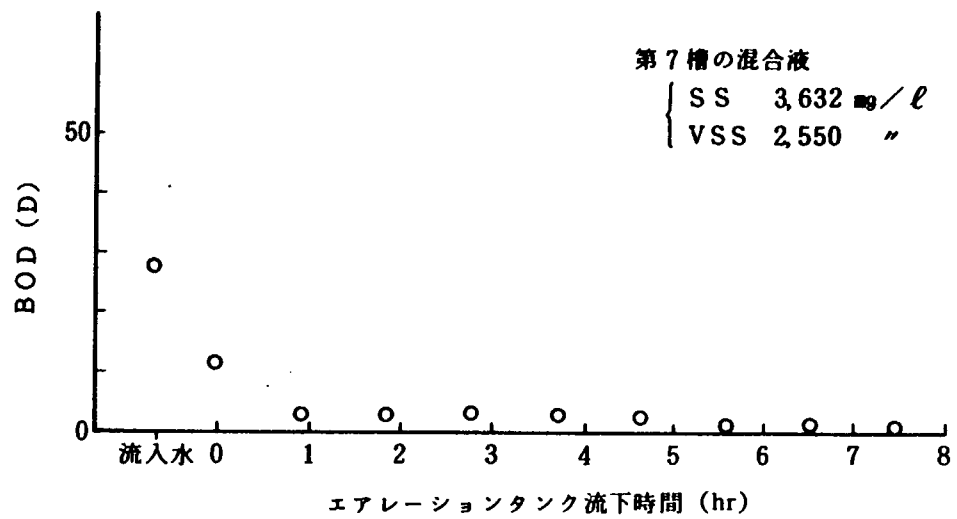
付図-7-1 エアレーションタンク追跡調査の結果 (Mode-I S.54.7 実験No.2)



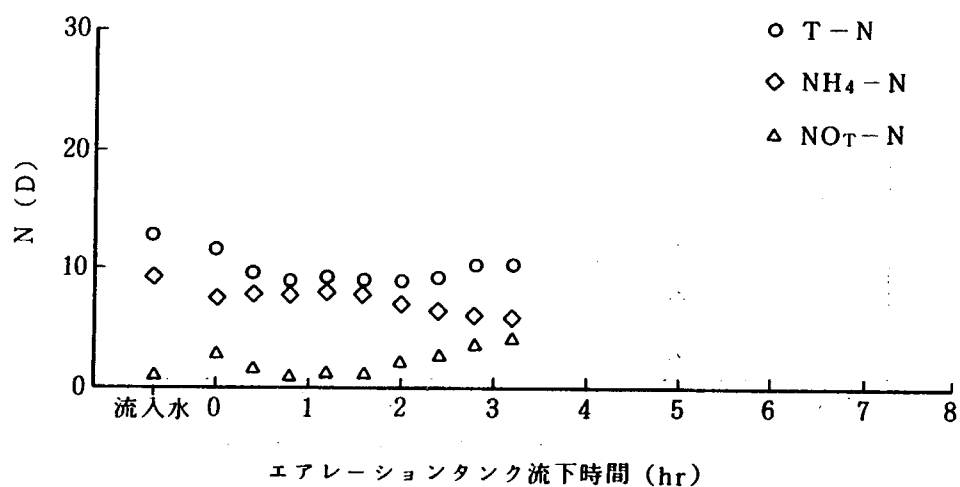
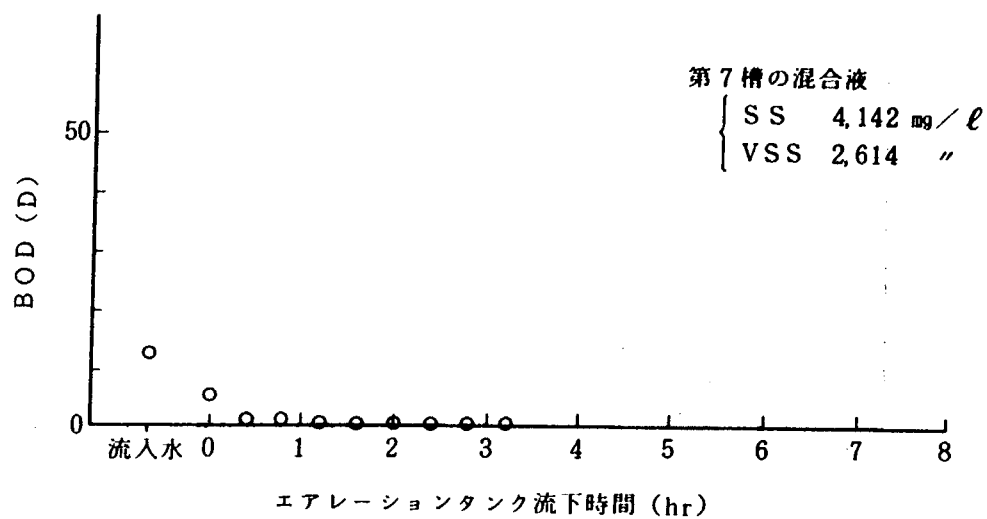
付図-7-2 エアレーションタンク追跡調査の結果 (Mode-I S.55.2 実験No.6)



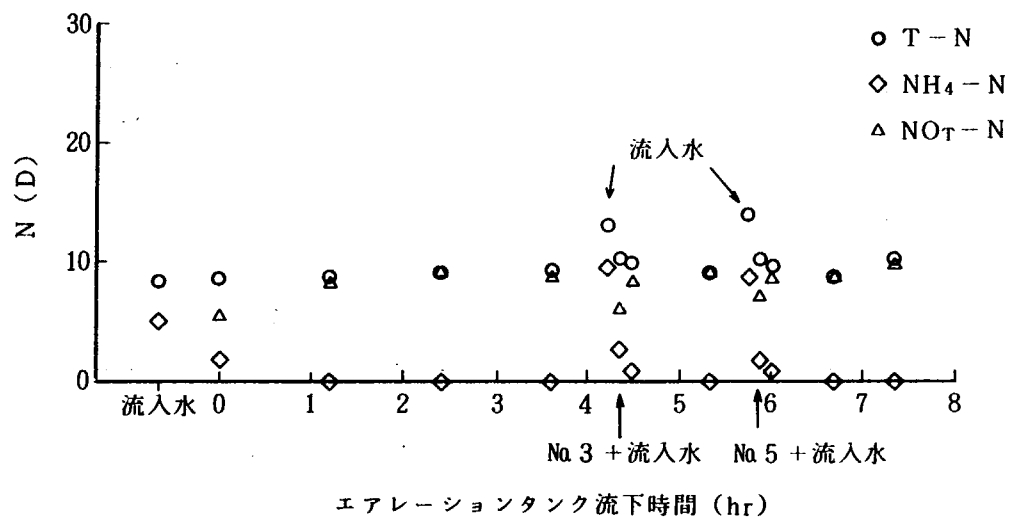
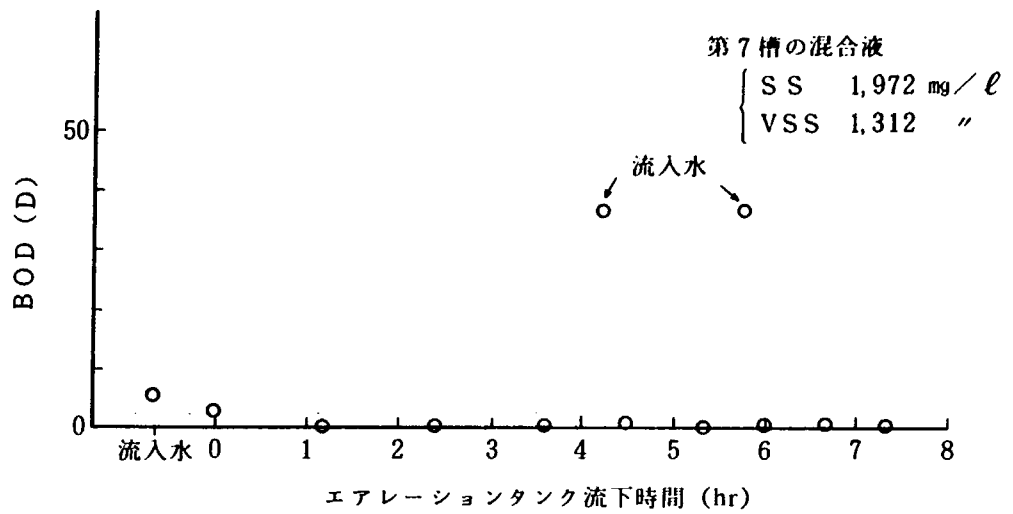
付図-7-3 エアレーションタンク追跡調査の結果 (Mode-I S.57.7 実験No24)



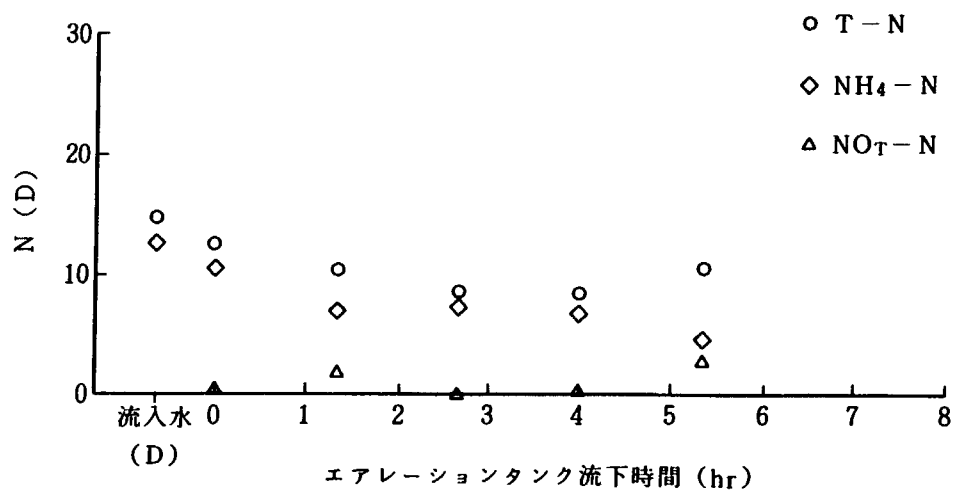
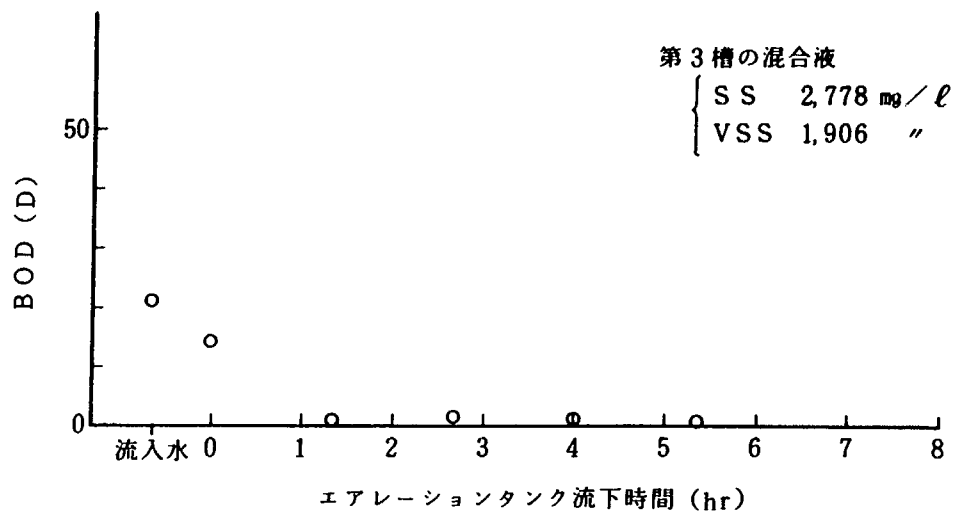
付図-7-4 エアレーションタンク追跡調査の結果 (Mode-I S.58.3 実験No.33)



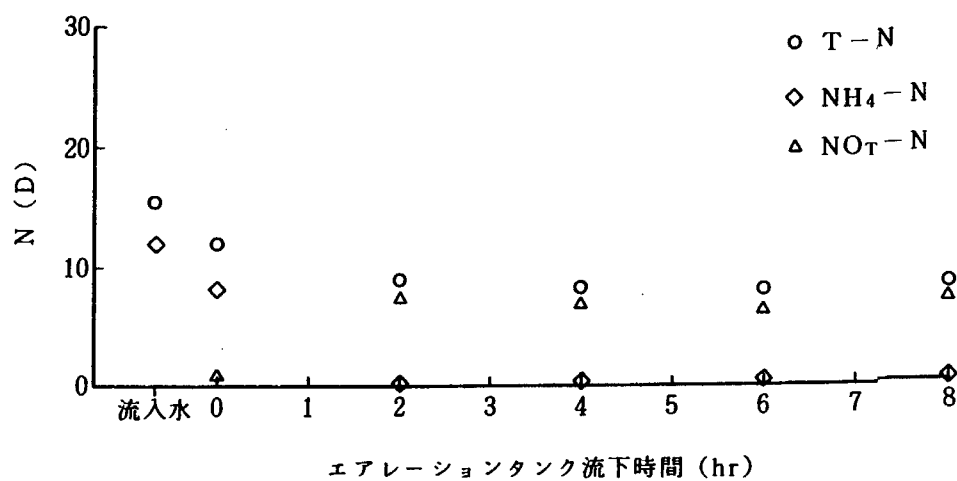
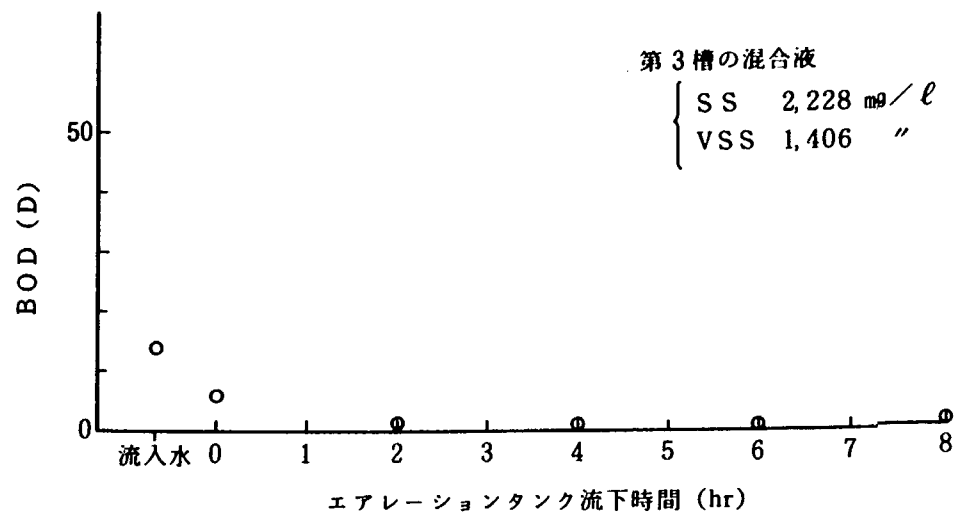
付図-7-5 エアレーションタンク追跡調査の結果 (Mode-II S.56.11 実験No19)



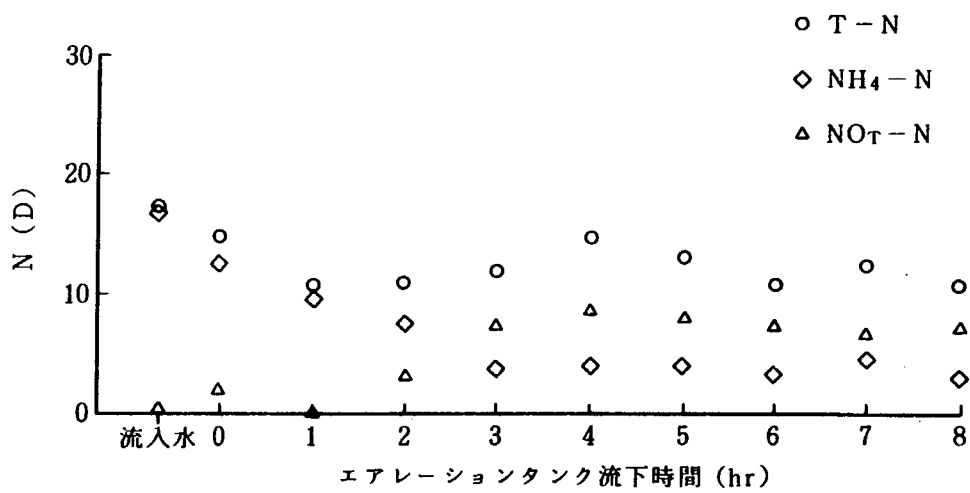
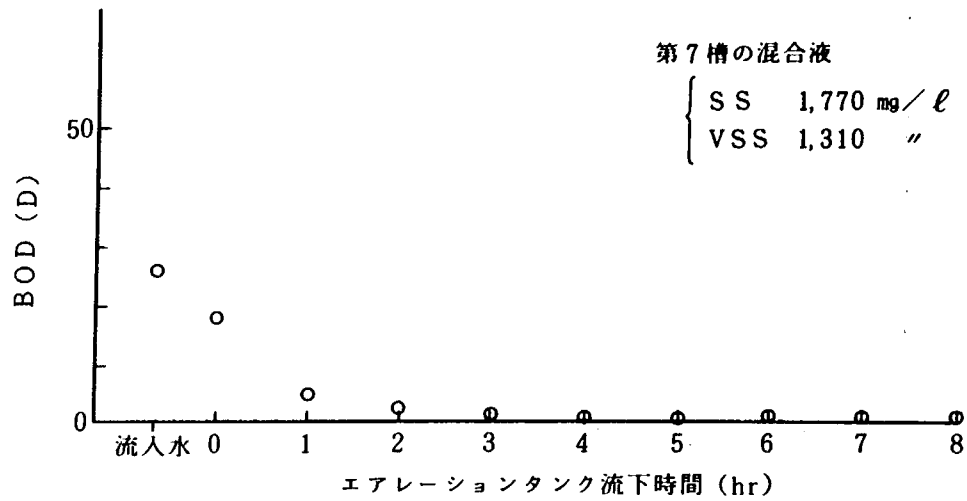
付図-7-6 エアレーションタンク追跡調査の結果 (Mode-Ⅲ S.55.9 実験No 9)



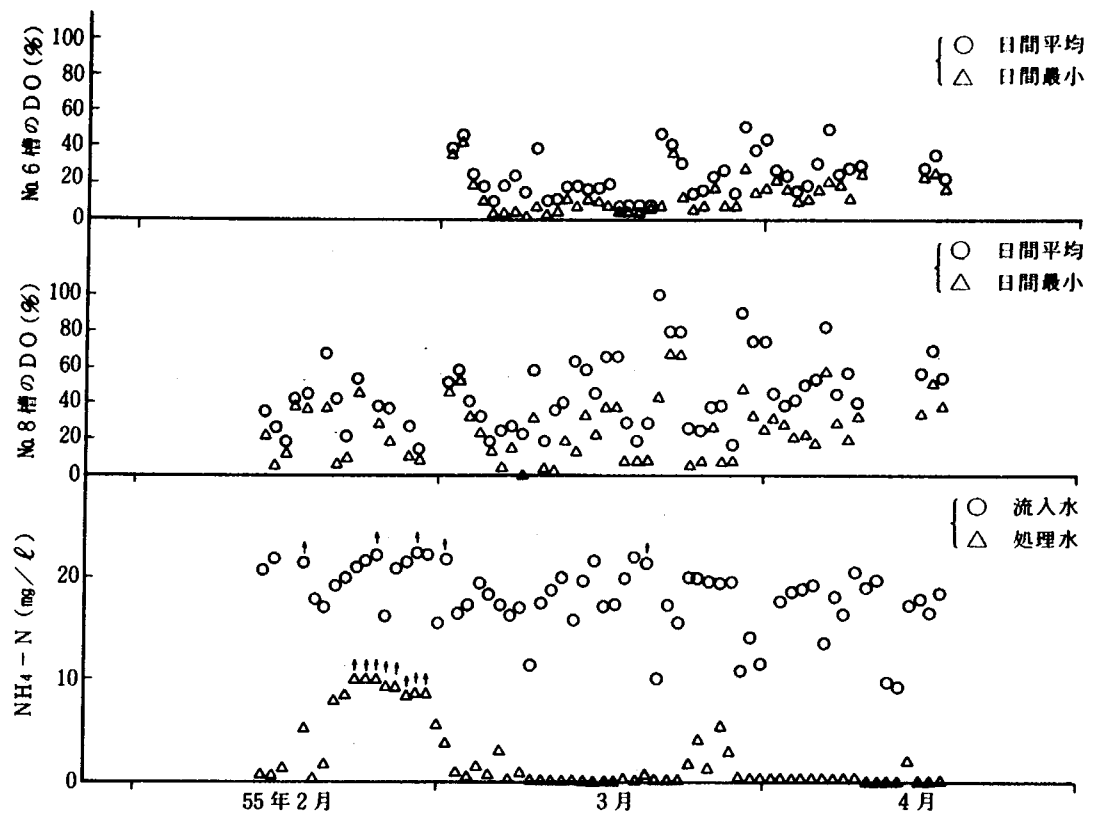
付図-7-7 エアレーションタンク追跡調査の結果 (Mode-IV S.57.7 実験No29)



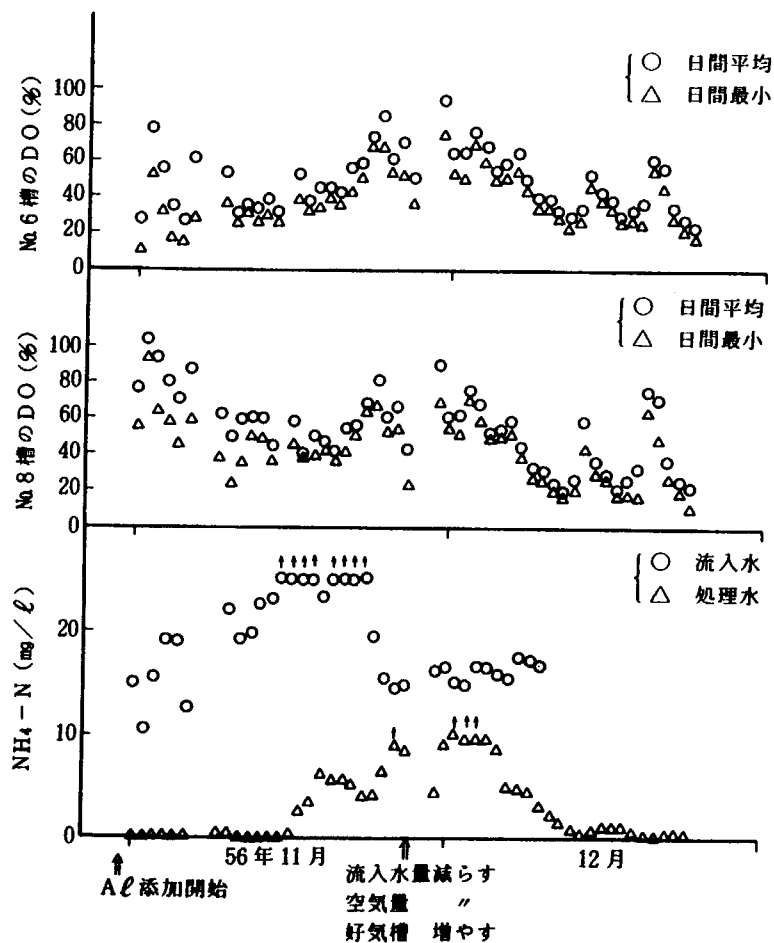
付図-7-8 エアレーションタンク追跡調査の結果 (Mode-IV S.57.8 実験No.30)



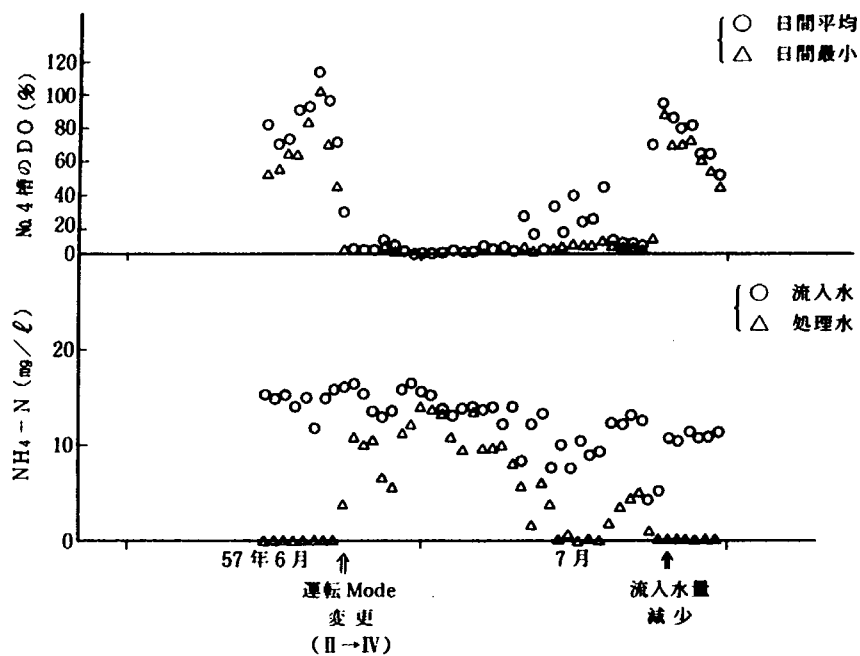
付図-7-9 エアレーションタンク追跡調査の結果 (Mode-V S.59.7 実験No42)



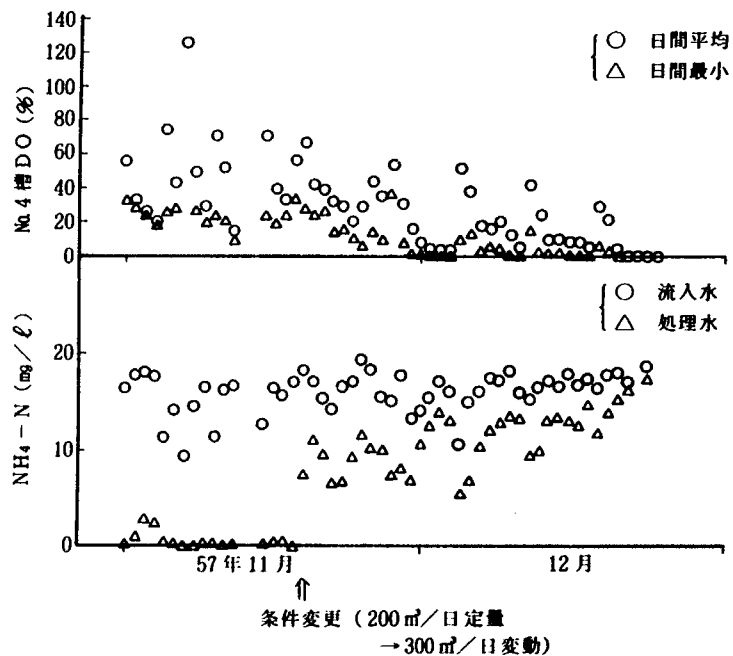
付図-8-1 DOと硝化の関係 (Mode-I 実験No. 6, 7)



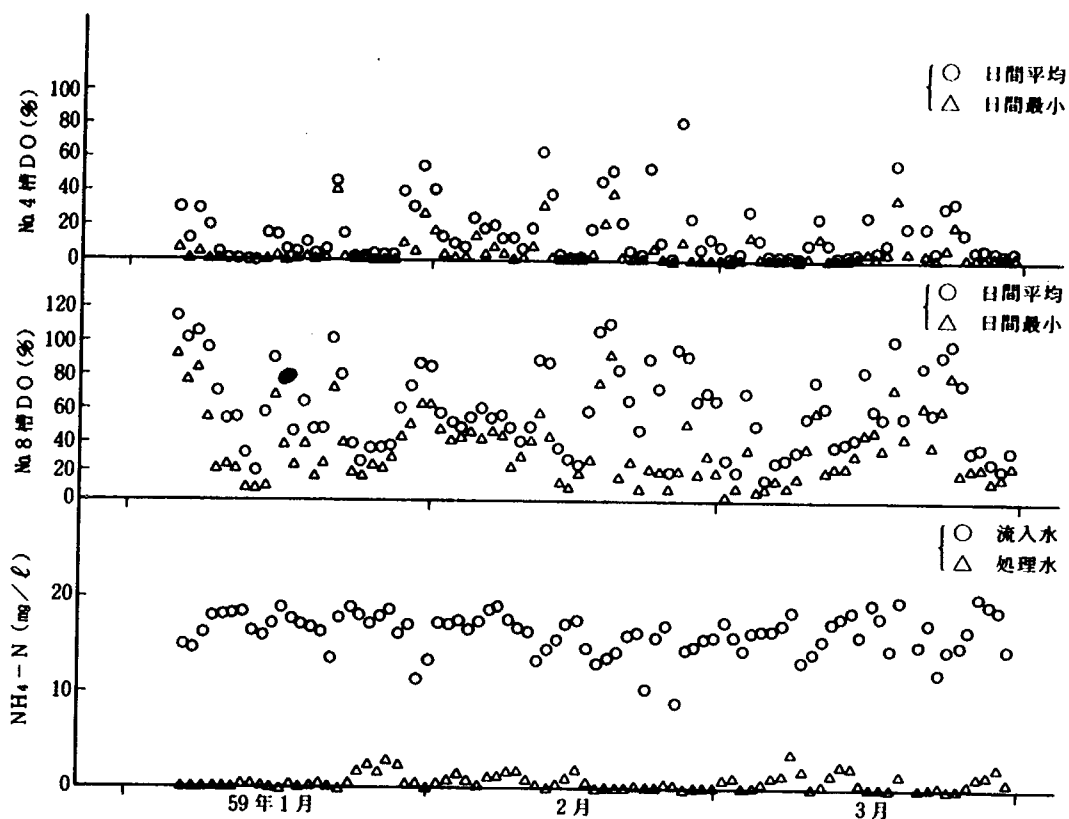
付図-8-2 DOと硝化の関係 (Mode-II 実験No. 19, 20)



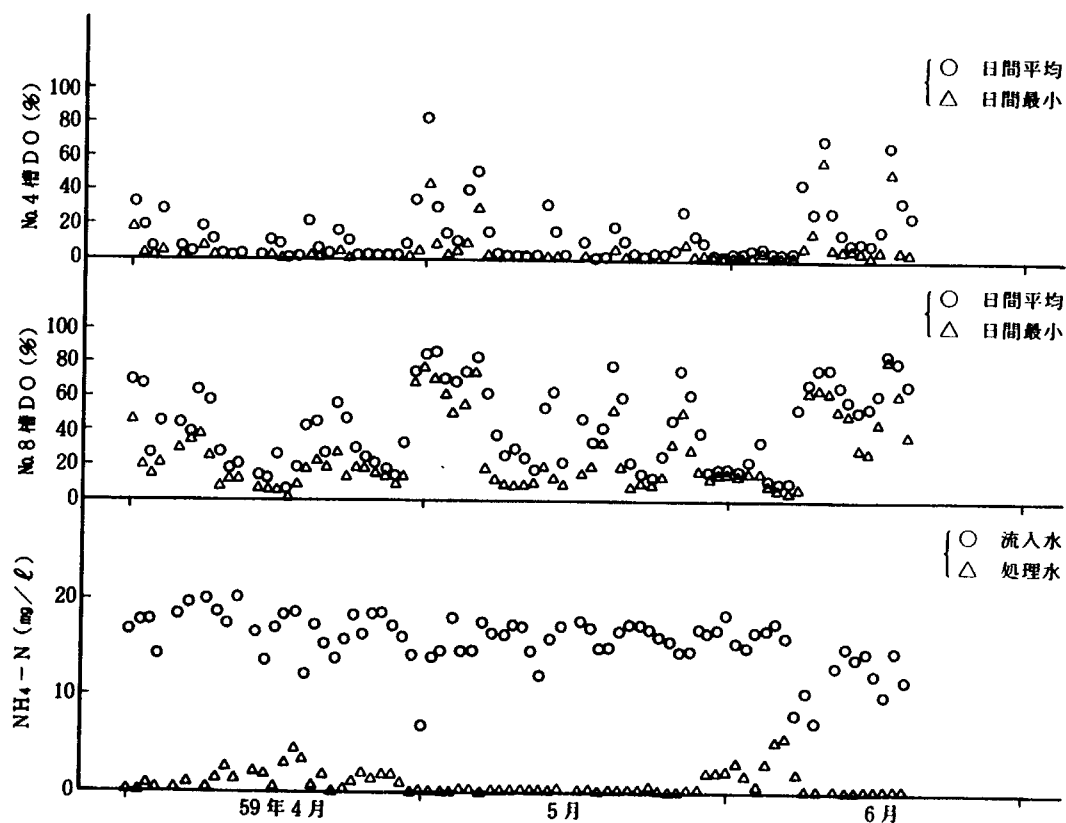
付図-8-3 DOと硝化の関係 (Mode-II 実験No28)
(Mode-IV 実験No29)



付図-8-4 DOと硝化の関係 (Mode-IV 実験No31, 32)



付図-8-5 DOと硝化の関係 (Mode-V 実験No.39)



付図-8-6 DOと硝化の関係 (Mode-V 実験No.40, 41)

活性汚泥変法による窒素除去に関する ISSN 0386-5878
調査報告書 土研資料 第2310号
昭和61年2月(1986年)

酒井憲司

要 旨

本報告書は活性汚泥法の運転方式の一部変更による窒素除去率の向上の可能性について実験した結果をまとめたものである。実験した5つの運転方式でいずれも60%前後の窒素除去率を得ることができ、その際除去される窒素の量は流入水のBOD量から推定できることが分かった。処理水にはSSが高濃度で残留することが多かったが、後段に設けた急速濾過により効果的に除去することができた。

キーワード： 活性汚泥変法，硝化，窒素除去，凝集剤，急速濾過

郵便はがき

305-□□

40円切手
をはいて
下をさし

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

三次処理研究室 行

No. _____

No. _____

土研資料第2310号

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 2310 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

